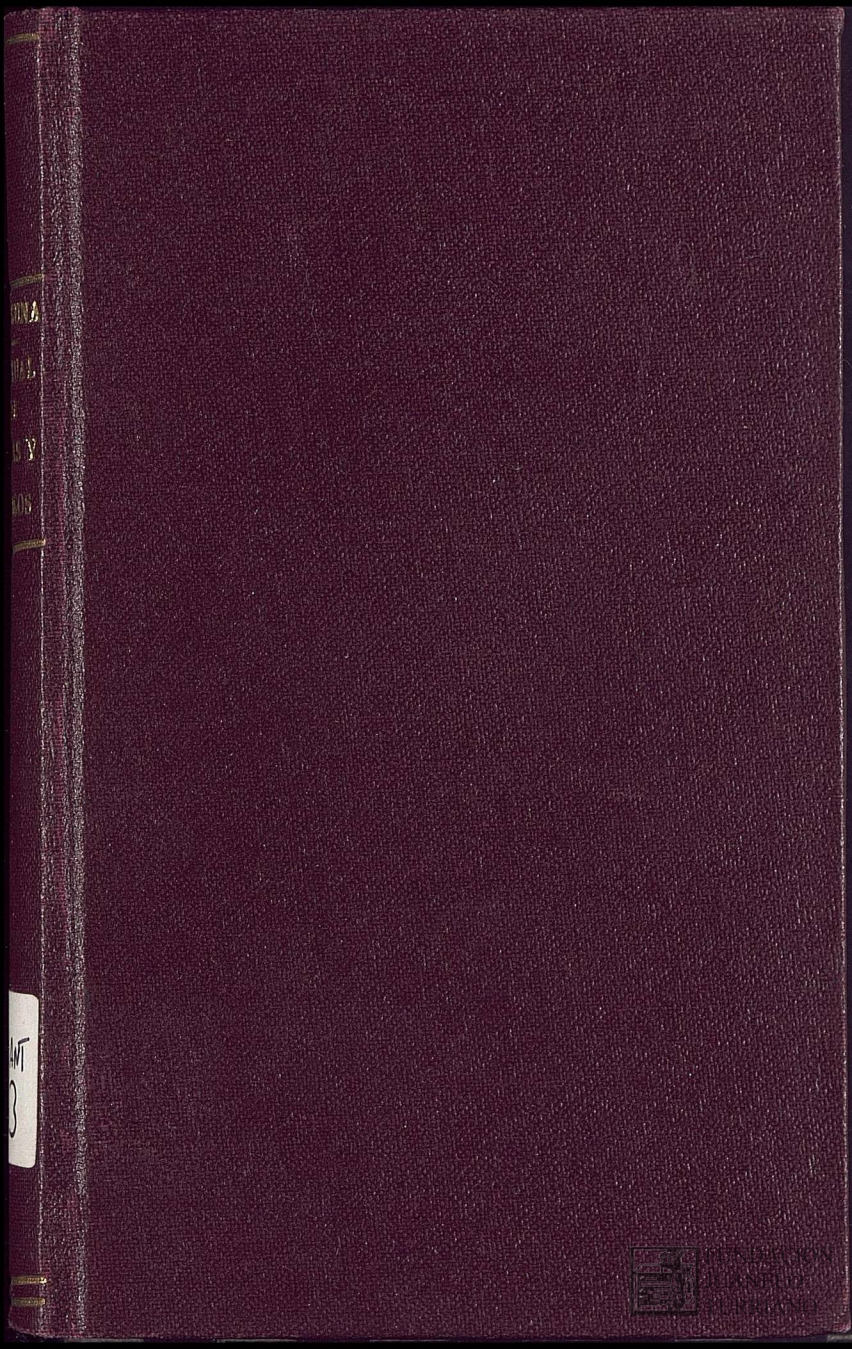






R. 665
S. 4AWI / 43



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

451
38715
600000000

FUNDACION JUANELO TURRIANO
BIBLIOTECA



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

MANUAL
DE
AGUAS Y RIEGOS

FOR

D. RAFAEL LAGUNA



MADRID
DIRECCION Y ADMINISTRACION
Doctor Fourquet, 7



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

Esta obra es propiedad del Editor de la BIBLIOTECA ENCICLOPÉDICA POPULAR ILUSTRADA, y será perseguido ante los tribunales el que la reimprima sin su permiso.
Queda hecho el depósito que marca la ley.

Madrid: 1878. — Tip. de G. Estrada, Dr. Fourquet, 7.



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

Á LA SOCIEDAD
ECONÓMICA MATRITENSE
DE AMIGOS DEL PAIS

legítima representante

de los intereses morales y materiales del país

DEDICA LA

BIBLIOTECA ENCICLOPÉDICA POPULAR ILUSTRADA

El Sócio

GREGORIO ESTRADA



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

PRÓLOGO

Destinado este Manual á formar parte de la BIBLIOTECA ENCICLOPÉDICA POPULAR ILUSTRADA, he procurado tratar la materia de que es objeto, de la manera más apropiada para las clases á que aquella se dedica. Las cuestiones y teorías científicas van expuestas en generalidades y grandes ejemplos, que á la vez que llenen el conocimiento, hagan lo ménos árido posible su lectura; la parte de aplicacion se refiere de una manera sencilla y concisa. Consultadas al efecto várias obras nacionales y extranjeras, he tomado de ellas lo que he creído más conveniente al fin propuesto, procurando á la vez que condensar, dar idea de todo aquello que tiende á un fin útil, y pueda estimular á su aplicacion, por los benéficos resultados que en ello recibirían los particulares y el país. Si á este propósito llegare á contribuir este trabajo, aunque en pequeña parte, sería la mayor recompensa á que aspira

EL AUTOR.

AGUAS Y RIEGOS.

1



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

PROLOGO

El presente libro es el resultado de un trabajo de investigación que se ha desarrollado durante los últimos años. El autor desea agradecer a las personas que han colaborado en este proyecto, especialmente a los señores [nombres] y [nombres]. El libro está dividido en tres partes: la primera trata sobre [tema], la segunda sobre [tema] y la tercera sobre [tema]. El autor espera que este libro sea de utilidad para los lectores interesados en el tema.

En [lugar]

[Fecha]



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

MANUAL

DE

AGUAS Y RIEGOS

CAPÍTULO PRIMERO.

Importancia del agua en la vida de los seres. — En los vegetales. — En los minerales. — En la industria. — En la agricultura. — En la más remota antigüedad. — Condiciones especiales de nuestro suelo. — De qué modo deben aprovecharse las aguas. — Masa de riqueza que se desarrollaría.

Los usos del agua son tan numerosos y variados, y su utilidad, bajo el punto de vista de la higiene, de la agricultura y de la industria, son tan notorios, que todos los procedimientos artificiales que tienden á reproducir la acción bienhechora de los manantiales y de los rios, tienen una gran importancia.

El agua es tan necesaria á la vida de los animales y de las plantas, que no hay especie alguna de aquellos y de éstas que no comience su existencia en un estado líquido. Los humores, cualesquiera que sean, no recibirían la fluidez



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

necesaria, si el agua no conservase en disolucion las materias que contienen. La nutricion y la generacion de los séres organizados, funciones tan importantes en la economía viviente, no pueden ejecutarse sino con la intervencion de los líquidos: por eso vemos quē tanto los animales como los vegetales, se multiplican y propagan extraordinariamente en aquellos parajes donde abundan las aguas; por el contrario, vuélvanse los ojos á esos terrenos áridos de la Arabia y á esas espantosas soledades del África, ámbas regiones privadas enteramente del agua, y veremos que no presentan más que un mar inmenso de arena, donde nada vive, nada vegeta; la tierra, completamente desnuda, no ofrece el menor vestigio de animales ni de plantas.

Sin agua no hay vegetación. Este flúido, que tiene la propiedad de unirse á los cuerpos que toca, penetra y se combina con el mayor número de ellos, los diluye y disuelve, es tambien el agente más universal de cuantos concurren á la produccion de los séres que existen en la naturaleza. Los vegetales deben al agua su desarrollo, su acrecentamiento y su vida; la mayor parte de los minerales no llegarían jamás á formarse si el agua no disolviese, acarrease y reuniese todos aquellos principios que los constituyen. La sangre de los animales, la



savía de los vegetales no es, por decirlo así, más que agua cargada de otros principios que mantiene en disolucion. Vehículo de todos los ácidos, de todos los gases, de todas las sales y de todas las tierras, es de una importancia universal, y ofrece los más grandes servicios, de cualquier modo que se la considere.

El agua, aplicada como motor, proporciona tales ventajas á la industria bajo el punto de vista de la economía, que no hay ningun otro elemento que pueda competir con ella. En otras, es tan indispensable ya como materia principal ó accesoria, que sin la abundancia de aguas no pueden subsistir.

La agricultura es, sin contradiccion, el más sólido fundamento de la felicidad y riqueza pública. De ella dependen el comercio, las artes y la poblacion; por eso se observa, que cuanto más florece aquella, tanto más prosperan y aumentan éstas. Ella acude con cuanto es preciso para el alimento y demas necesidades de todos los vivientes, y ofrece á las artes los innumerables productos que emplean para dar ocupacion á millones de brazos, de máquinas y de instrumentos destinados á la industria manufacturera; suministra al comercio muchos artículos que, trasportados á todas partes, segun el pedido y las necesidades de los pueblos, reportan á la



nacion que los produce las mayores y más considerables ventajas.

Sabido es lo precario del resultado de este ramo tan importante de la riqueza pública por la inseguridad de las aguas y la falta de éstas en las épocas oportunas.

Por esto vemos desde la más remota antigüedad, que los pueblos que alcanzaron un grado superior de cultura dieron grande importancia á las obras que tenian por objeto el aprovechamiento de las aguas. Los egipcios, no contentos con la navegacion y riego del Nilo, abrieron enormes fosos y canales para unir el mar Rojo y el Mediterráneo, más de mil años ántes de Cristo. La India y la China no es ménos abundante en canales costosísimos. Los griegos construyeron con grandes expensas acueductos y reservatorios para llevar el agua á las ciudades más populosas y para regar los terrenos más fértiles. La historia romana está llena de descripciones de los canales y acueductos que este pueblo conquistador edificó en su propio suelo, en la Galia y en España.; pero dejaremos los detalles de todo esto para otros capítulos.

En España, el aprovechamiento de las aguas para el riego tiene una inmensa importancia, pues es el único país en donde pueden criarse naturalmente cuantas producciones existen en



el globo, desde el Ecuador á los polos. Por su situacion geográfica ocupa la parte de Europa casi más meridional en la zona templada, por lo cual disfruta, en general, un clima dulce, benéfico y apacible; y su disposicion *geológico-topográfica* es la más adecuada para todo género de producciones. Su parte más meridional, en contacto con el Mediterráneo, que la separa del África, y resguardada al Norte por una cordillera de montañas, disfruta de los mismos aires que la zona tórrida, en toda la comarca que comprende á Murcia, Motril, Almuñécar, Málaga. Cádiz, Sanlúcar, etc. Motril es uno de los pueblos más adecuados para las producciones propias de los trópicos; así es que se crían la caña dulce y el algodón. A seis leguas, y casi en el mismo meridiano, está la Sierra Nevada de Granada, cuyas cimas están perpétuamente cubiertas de nieve; por lo tanto, en esta corta distancia norte-sur, pueden cultivarse en España todas las producciones que se crían espontáneamente desde el Ecuador hasta los círculos polares.

Lo restante del territorio español se compone de una série alternativa de valles y montañas, en algunas de las que se conserva la nieve seis y ocho meses del año. La sierra de Córdoba, por la parte del Mediodía, disfruta del aire



caliente del mar y del África; y por la del Norte, el aire tiene una temperatura fría. Se encuentran allí, por lo tanto, puntos en una misma latitud é igual altura sobre el nivel del mar, y distante entre sí ménos de cien varas, en los cuales pudieran vegetar plantas indígenas de países muy distantes entre sí, en direccion norte-sur.

En Aranjuez se observa, que por su situacion topográfica, se conservan allí aclimatadas muchas plantas exóticas que no podrian existir en parajes más al Mediodía, y á ménos altura sobre el nivel del mar.

Esta variedad de climas y de temperatura, en vez de ser un defecto, debe considerarse como lo que contribuye á su mayor riqueza por la variedad de sus productos, que sólo falta asegurarlos por medio del riego.

Si es un axioma recibido en Inglaterra como tal, que donde hay agua (no dicen ni mucha ni poca, sino extrictamente donde hay agua) se puede establecer la navegacion, mucho mejor puede decirse que donde hay agua puede establecerse el riego.

Así es que en España puede extenderse el riego de una manera considerable, ya por la desviacion de las aguas del cáuce natural de los rios y arroyos por medio de presas, de las que



partan canales para su conduccion y distribucion, ya por la formacion de depósitos ó pantanos artificiales, cerrando por medio de diques de fábrica las angosturas que con frecuencia presenta el álveo de los rios y arroyos al atravesar las regiones montañosas, ó almacenando en una depresion del terreno las aguas desviadas de su cáuce natural durante el período de abundancia; y por último, acumulando en sitio conveniente las procedentes de pequeños manantiales, ó las suministradas directamente por las lluvias en las cuencas de recepcion respectiva, para ser luégo distribuidas en la forma y circunstancias convenientes.

Tambien pueden aprovecharse las aguas pluviales, abriendo de trecho en trecho en los terrenos inclinados, que son por lo regular los más áridos, anchas zanjás horizontales que las contengan, dándoles tiempo para penetrar por filtracion en todo el terreno, prestándole la frescura y fecundidad necesaria para establecer las plantaciones más adecuadas á su disposicion y naturaleza.

Despréndese de la estructura de nuestro suelo que el establecimiento del riego debe hacerse en zonas limitadas, aprovechando las grandes vegas ó pequeños valles que los accidentes numerosos del país prestan, y de ningun modo



lanzarse á esos vastísimos proyectos que comprenden extensas regiones, en los que por una parte no se puede obtener la cantidad de agua bastante al riego, y por otra se hacen indispensable la construccion de obras costosísimas, ya por la necesidad de atravesar las montañas por subterráneos que las perforen, ó ya por tener que salvar profundos barrancos con altos y dilatados puentes. Debe tambien tenerse en cuenta que esas inmensas obras están tambien sujetas á grandes averías y dispendiosas reparaciones, á más de los inconvenientes de otro órden que ocasionan el gran desarrollo de las líneas de conduccion y distribucion.

Las consideraciones que dejamos expuestas, demuestran de una manera palpable, que para el riego de una cuenca, donde, por ejemplo, se presentan en varios sitios un número de hectáreas regables, es preferible el establecimiento de dos ó más derivaciones, que no una sola, pues la superficie regada será la misma, y los gastos, en el último caso, serán mucho mayores, á tal extremo, que lo exorbitante del capital necesario desvirtúa en gran parte los beneficios que el riego debe producir.

Esto sentado, y las inmensas ventajas que ocasiona á la produccion, aumentando las cosechas y permitiendo la variedad de éstas, va-



mos á permitirnos algunos cálculos sobre la riqueza que por su medio pudiera desarrollarse en España.

La extension de terrenos de regadío en la actualidad es de un millon de hectáreas próximamente; consideramos para nuestros cálculos la ampliacion del riego á otro número igual, sin temor de que se nos tache de exagerados, pues sólo en los canales proyectados en la cuenca del Ebro, se eleva la superficie regable á 337.000 hectáreas.

Tendremos, por lo tanto, que un millon de hectáreas de terreno de secano, que valen 1.000 millones, á razon de 1.000 reales la hectárea, teniendo en cuenta que las tierras en condiciones de riego son generalmente de vega, valdrian, una vez reducidas á regadío, 10.000 millones, á razon de 10.000 reales la hectárea; los propietarios recibirian, por lo tanto, un aumento de riqueza de 9.000 millones.

En todos los países donde se ha establecido el riego, hay tierras cuyos productos han llegado á ser doce, quince y hasta veinte veces mayores con el agua, el abono y el trabajo. En Francia, lo mismo que en Italia, los cantones regados dan, cuando ménos, triple producto que los de secano. En el Piamonte, en Leseño, cerca del Tanaro, hay tierras que, habiendo va-



lido á 600 francos cuando era de secano, subieron á los pocos años con el riego á 2.500 y 3.000 francos. Los pedregales de las orillas del Duranza, donde hizo sus experimentos y observaciones el célebre agrónomo Gasparin, adquirieron con el riego un precio diez veces mayor del que ántes tenían; y lo mismo ha sucedido en los arenales del rio Mosela y en otros varios puntos de Francia.

Nadault en su tratado de *Hidráulica Agrícola* asigna un aumento de valor á la hectárea de riego sobre la de secano de 11.000, 13.000 y hasta 16.000 reales.

En Murcia y Valencia no baja de 40.000 reales el valor de la hectárea de regadío.

En Granada y Málaga alcanzan un precio análogo.

En Palma del Rio, provincia de Córdoba, vale la hectárea hasta 60.000 reales.

En la cuenca del Guadalhorce de 8.000 á 20.000 reales.

En Cataluña vale la hectárea, en las vegas del Llobregat, entre 20.000 y 60.000 reales. En la cuenca del Besos, 60.000. En Manresa, 17.000, y en la vega del Ter, de 13.000 á 27.000.

En cuanto á la renta, aumentaría para el propietario en la misma proporcion, y los terrenos que de secano no producen, al 4 por 100. más



que 40 millones, les producirian con el riego á razon del mismo interés, 400 millones, ó sea un aumento en sus rentas de 300 millones.

En los puntos que dejamos citados varía la renta desde 400 á 1.000 y hasta 1.200 reales por hectárea; y en las tierras destinadas á arrozales, hasta 1.800. Véase, por lo tanto, cuán estrictos y limitados hacemos nuestros cálculos.

Las rentas del Estado por contribucion directa, aumentarian en la misma proporcion, así es que si hoy recibe 8 millones de ese número de hectáreas, recibiria luego 80 millones, aumentando las rentas del Erario en 72 millones, sin contar con los impuestos indirectos.

En algunos pueblos de la cuenca del Almanzora, obtienen con el riego tres cosechas, una de cebada para forraje, otra de habichuelas y otra de maíz.

Esto nos da idea del aumento de produccion de los terrenos de regadío con relacion á los de secano, y esta diferencia es tan considerable ya por la abundancia de sus cosechas, cuanto por la variedad y mayor valor de los frutos que se producen con el riego, que baste decir que la poblacion de España pudiera elevarse cómodamente á 30 millones de habitantes, sin que se sintiera la escasez de los alimentos.

Los beneficios que la industria reportase se-



rian tambien importantísimos, pues debiendo aprovecharse próximamente un volúmen de agua que no bajaria de 500 metros cúbicos por segundo, los saltos que resultasen para el establecimiento de el nivel conveniente, producirian por lo ménos una fuerza motriz de 30.000 caballos, que utilizados como motores en las distintas clases que aquella comprende, le permitirian un gran desarrollo.

El comercio tendria una gran masa de produccion de artículos de consumo é industriales para efectuar sus transacciones; y en una palabra, sería tan grande el desarrollo de la producción agrícola, de la industria y del comercio, que vendrian á constituir la regeneracion material y moral, como consecuencia, de nuestra patria.

CAPÍTULO II.

Distribucion de las aguas en la superficie del globo.—Teoría de la evaporacion y la lluvia.—Formacion de los rios.—Lechos.—Régimen.—Enarenamientos del Nilo, el Pó y el Ganges.—Del movimiento del agua en los rios.—De la velocidad.

El hombre ha creado y construido los canales: la naturaleza ha creado y establecido los lechos de los rios, en consecuencia de leyes de las que nunca se separa, y conforme á las que mantiene su obra. El orden admirable que pre-



senta el movimiento de las aguas, en la superficie del globo, está sujeto á leyes generales, impuestas desde el origen á todos los fenómenos del universo, y cuya accion se manifiesta desde la más grande hasta la más pequeña cosa; en el curso del pequeño y manso arroyo, como en el impetuoso torrente del caudaloso rio.

¿De dónde nacen los arroyos? ¿Cuál es el poder que á través de la sucesion de los siglos, los provee constantemente de nuevas aguas para alimentar su curso y las dirige á los rios encargados á su vez de llevar á los mares el tributo de todas las que se forman en vastas regiones?

La inmortal ley de Newton, la atraccion universal, á la cual obedecen todos los cuerpos celestes, rige tambien el movimiento de los cuerpos en la superficie de la tierra. En virtud de esta ley de atraccion, que ha recibido el nombre de pesantez ó gravedad, las aguas libres en la superficie del globo tienden á dirigirse al centro de la tierra, y despues de un curso más ó ménos rápido, llegan á los puntos más bajos y se extienden en capas horizontales en los mares y en los lagos. La inclinacion del suelo es la que regula el curso sinuoso de las aguas, y segun que es más pronunciada esta inclinacion, así es tambien más rápida la corriente de los arroyos.



Si sólo existiera la acción de la gravedad, todas las aguas, después de un tiempo más ó ménos largo, llegarían á las partes bajas, donde se acumularían en capas horizontales, y todos los puntos de la superficie, situados á un nivel superior, estarían condenados á una eterna sequedad.

Más á esta acción viene á unirse otra fuerza física, no ménos universal, el calor, que eleva las aguas bajo la forma de vapor, y las lleva otra vez á los puntos más altos, produciendo así, por la influencia del sol, esta circulación infinita de las aguas, que no es más que una de tantas maravillas que se observan en el estudio de la naturaleza.

El calor, obrando sobre la superficie de los mares, eleva constantemente una cantidad de agua reducida á vapor, esta cantidad es muy variable, pero puede calcularse que la masa de vapor que se extiende en la atmósfera representa las tres cuartas partes de las aguas de los océanos, sin contar los lagos y los ríos, que ocupan una parte considerable de los continentes (1).

La atmósfera es como un inmenso recipiente

(1) Esta teoría fué expuesta en lo antiguo por Vitrubio, y admitida por Descartes en sus últimos tiempos.



de vapor de agua, que bajo la influencia del frio se precipita y produce la lluvia. Mas ¿cuál es la causa de este frio, y cómo en los dias del verano, con ese calor sofocante, se cubre de repente el cielo de nubes que descargan copiosas lluvias ó aguaceros?

El aire, como todos los cuerpos, se dilata con el calor. Pero en el estado natural de la atmósfera, toda masa de aire, que es mecánicamente llevada á las regiones superiores, es por este solo hecho descargada del peso del aire que se halla debajo; de aquí el aumento de volúmen ó dilatacion, y por consecuencia el enfriamiento.

Para probar este fenómeno, Pascal ideó un experimento que ha sido repetido despues. Dos vejigas casi llenas de aire al pié de una montaña, al llegar á la cima se llenan y extienden por efecto de la dilatacion del aire interior, ménos comprimido en la altura que lo estaba abajo. Una masa de aire elevada á 400 metros, sufre un enfriamiento de más de 6 grados: si la elevacion es de miles de metros, como sucede en las altas montañas, el enfriamiento es muy marcado, y si contiene una gran cantidad de vapor de agua, la humedad se precipita bajo la forma de lluvia ó de nieve.

Esta es la causa á que debe atribuirse esa porcion de aguas que salen de los centros de las

AGUAS Y RIEGOS,

2



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

montañas bajo forma de torrentes, y de las nieves que cubren sus cimas muchos meses del año y aún perpétuamente.

Hechas estas consideraciones, es fácil explicar el modo cómo se producen las aguas en los diversos continentes. Los vientos extienden por la superficie el aire húmedo de los mares. Las primeras masas de aire, detenidas por la desigualdad del suelo, son impelidas por las masas siguientes, obligándolas á elevarse, salvando los obstáculos que se le oponen, y precipitándose como por un plano inclinado: el enfriamiento, que es la consecuencia, precipita el vapor de agua al estado de lluvia que alimenta los rios y la devuelve á á los mares.

El choque de estos vientos con las montañas, es lo que produce la elevacion, dilatacion y enfriamiento de las capas de aire húmedo, y en su consecuencia las aguas.

Este ejemplo demuestra la influencia de las montañas, y puede decirse, en general, que de la forma geográfica del terreno, combinada con los vientos dominantes, depende el riego natural de un país y su sistema hidráulico.

Los grandes bosques y abundantes plantaciones de arbolados, producen tambien un efecto análogo al de las colinas y montañas.

En otras épocas no llovía jamás en el bajo



Egipto; los vientos constantes del Norte, que regian casi exclusivamente, pasaban sin obstáculo sobre esta tierra privada de vegetacion. Sobre los terrados de las casas de Alejandría, se podian conservar los granos sin cubrirlos ni preservarlos de la atmósfera; mas despues que las plantaciones se han extendido, el obstáculo que presentan á las masas de aire, las eleva y produce su enfriamiento, ocasionando la lluvia.

A más de las causas generales que dejamos indicadas, hay otras accidentales, como la electricidad, que puede producir la condensacion de algunas nubes y convertirlas en lluvias; mas lo dicho basta para que se comprenda cómo por la accion del calor la naturaleza obra y eleva las aguas del mar para distribuir las por la superficie de la tierra.

La potencia motriz que se desarrolla en este fenómeno, sorprende á la imaginacion por su inmensidad.

Supongamos que el agua elevada anualmente en el globo, en virtud de la evaporacion, sea igual en cualquier clima á la cantidad de lluvia que cae. Esta agua evaporada se extiende en la atmósfera en todas las alturas.

Para operarse una suerte de compensacion entre los extremos de este movimiento ascensional, concebimos por el pensamiento que el



agua evaporada se eleva toda ella á una cierta altura media. La evaporacion anual se encontrará así representada en sus efectos mecánicos por una masa de agua conocida, elevada verticalmente sobre un número igualmente conocido de metros.

El trabajo de esta naturaleza que un hombre puede hacer en un año, ha sido determinado, y la comparacion que ambos resultados arrojan, demuestran que la evaporacion representa el trabajo de 160 millones de millones de hombres. Suponiendo que la poblacion del globo sea de 800 millones, y que la mitad de este número de individuos pueden trabajar, la potencia motriz desarrollada en la formacion de las nubes, será 200.000 veces mayor que el trabajo de que la especie humana entera es capaz. Resultado digno de asombro y que revela nuestra pequeñez, sobre todo, si reflexionamos que la naturaleza obra, por decirlo así, tranquila, sin esfuerzos, sin resistencia y silenciosa, pero de una manera irresistible.

La superficie del globo en su origen ó inmediatamente despues de su solidificacion, no estaba enteramente lisa, sino que presentaba ondulaciones más ó ménos marcadas, y de las que algunas, parecidas á grandes pliegues, se han formado despues las elevadas cordilleras de montañas.



Los elementos atmosféricos, por su accion descomponente, las aguas pluviales con sus corrientes y su accion destructora, atacaron pronto esta superficie de roca, y la cubrieron de tierra, la degradaron, descompusieron y cortaron y surcaron de valles de distintos tamaños, dirigidos, en general, siguiendo la línea de mayor pendiente.

Los fragmentos de las partes elevadas fueron llevados y extendidos por las bajas, donde formaron los terrenos de acarreo que los cubren.

Todo este trabajo de la naturaleza es anterior á la época del gran cataclismo, del que es resultado el estado actual de nuestros continentes, y que redujo los rios á la cantidad de agua que llevan en la actualidad.

Las aguas pluviales que cayeron entónces sobre la superficie de nuestro planeta, se reunieron y cubrieron en la mayor parte de la tierra las gargantas, los valles y collados de formacion primitiva.

Al pasar sobre los terrenos de transicion que ocupan el fondo, abrieron y formaron nuevos lechos. En las montañas de estrechas gargantas, se vieron obligadas á seguir sus antiguas vías; en ellas no pudieron obrar, ni obraron, más que débiles cambios. Si corrieron entónces sobre la roca, cosa por otra parte difícil, su tendencia á



formar y ensanchar el lecho, no produjo más que un efecto apenas sensible á traves de los siglos.

Aunque siempre circulan sobre trozos, fragmentos y partículas de piedra, son de las cimas próximas á su curso. En las fuertes crecidas arrastran estas materias, que reemplazan enseguida por otras, y las mueven más fácilmente, llevándolas á mayor distancia, segun que el suelo es más pendiente, que los cuerpos tienen un peso específico menor y que son ménos voluminosos.

Así, cuando se atraviesa un gran valle, cuyo fondo ocupa el lecho de algun torrente ó rio, se encuentra á poca distancia de su origen pedazos angulosos de roca, luégo otros redondeados, y sucesivamente más pequeños, de cantos rodados, de grava, y finalmente, de arenas y tierras.

Esto en las regiones poco elevadas; mas cuando un rio corre entre colinas, su lecho es entónces limitado y no puede entenderse.

En las grandes planicies y anchos valles donde el suelo es movedizo, los rios, encontrando ménos obstáculos, formaron su lecho, cuyas dimensiones están en relacion de la naturaleza del terreno y del volúmen y velocidad de las aguas. Si dicho terreno no opone una resistencia proporcional á la velocidad y volúmen, cederá á la



accion de las aguas, que profundizarán, y sobre todo, ensancharán su lecho; si, por el contrario, la profundidad y anchura es muy grande, el rio reducirá sus dimensiones, depositando en su fondo y en sus orillas las piedras y tierras que acarrea en sus crecidas.

Cuando forma una cavidad conveniente, y el lecho contiene toda el agua que lleva el rio en sus grandes avenidas, toma estabilidad, y su curso se normaliza.

En todos los rios, el lecho es generalmente más ancho que profundo, á causa de que las orillas resisten ménos la accion de las aguas que el fondo, pues mientras aquéllas separan los cuerpos de que se componen, la accion de la gravedad tiende á llevarlos al fondo del lecho, y superponiéndolos sobre los que ya existen en él, sufren el rozamiento y hacen más difícil la degradacion de aquél.

Cuando un rio corre una planicie cuyo suelo es poco inclinado, la gravedad obra ligeramente sobre la masa líquida para moverla; ésta masa hace ménos fuerza para vencer los obstáculos que se oponen á la direccion que tiende á tomar, que es la línea más pendiente del plano sobre el cual corre.

Si se presenta en esta direccion un ligero obstáculo, por ejemplo, un terreno un poco



más duro, se dirige á un costado ú otro; su curso se hace sinuoso, de rodeos continuos, que son causa de la disminucion de la velocidad; esta menor velocidad de la masa flúida, dan por resultado mayor altura y anchura, y ocasionan inundaciones y daños que no sucederian si la direccion del lecho fuese en línea recta.

Cuando la naturaleza y disposicion del terreno lo permita, deben hacerse desaparecer estos inconvenientes, enderezando el lecho del rio, formando un verdadero canal, fortaleciendo sus orillas.

Mas en todos los trabajos que se hagan sobre el curso de las aguas, deben tomarse las mayores precauciones, y calcularse muy bien, á fin de que no pueda causarse un mal mayor que aquel que se trata de remediar.

Las cuestiones relativas al cambio de direccion del lecho, exigen un perfecto conocimiento de la materia y de los rios en sus diversos estados; la experiencia y el talento de los directores de estas obras, son la base que puede conducir á soluciones satisfactorias.

Si las aguas de un rio se moviesen sin la accion de la gravedad, corriendo entre paredes completamente duras, las fórmulas hidráulicas permitirian apreciar los diversos fenómenos del movimiento; mas como el curso natural de las



aguas es entre paredes deleznales, constantemente proveen las corrientes de materias de volumen distinto, que arrastran ó depositan, segun su fuerza, siempre variable. De aquí la necesidad de tener en cuenta las nociones esenciales adquiridas por la observacion, sin atenerse exclusivamente á las teorías.

Los arroyos y los rios arrastran en su corriente, bajo la forma de arenas ó de limos, destrozos arrancados en la parte del continente que riegan.

En los puntos en que la velocidad se detiene, ó mejor aún, en aquellos donde se desvanece casi completamente por su llegada al mar, el cieno y los cascajos se depositan y forman acumulaciones progresivas ó arenales, donde es fácil calcular á la vez la extension total y la marcha anual. En estos residuos y en las observaciones de esta naturaleza, descansa en parte la cronología geológica de los períodos modernos.

De los rios en que estos fenómenos se producen de una manera ostensible, se puede citar en primera línea el Nilo. Segun Herodoto, ántes de su tiempo, ya consideraban que el suelo de Egipto estaba enteramente formado por las inundaciones de este célebre rio. Este modo de formacion lo demuestra claramente las escavaciones hechas en el valle hasta cierta profun-



didad. Por todas partes se encuentran capas alternadas de arenas ó de limos que han ido sobreponiéndose por las inundaciones periódicas.

Más cerca de nosotros, un río de Italia, nos ofrece un ejemplo palpable del mismo efecto. La villa de Adria, situada hace cerca de tres mil años á la orilla del mar, al cual da su nombre, se encuentra hoy á seis leguas al interior del territorio por efecto de los arenales formados á la desembocadura del Pó. Según lo cual, la extensión de los terrenos trasportados por este río, es próximamente de dos leguas por cada mil años. El exámen de toda la parte superior del valle, desde el mar Adriático hasta Turin, demuestra que fué primitivamente un golfo profundo, y que su suelo actual, en un espacio de más de 80 leguas, está enteramente formado por las materias acarreadas por el río.

Puede calcularse que han necesitado un período de cerca de 40.000 años las aguas del Pó, para llenar esta inmensa cavidad con las arenas, los guijarros y las arcillas arrastradas por ellas desde las cimas de los Alpes y los Apeninos.

En la India, una inmensa llanura ha sido formada por las arenas sucesivas del Ganges y del Brahmapoutra, estos dos ríos gemelos que descienden de la vertiente meridional del Himalaya.



Muchos miles de siglos han sido necesarios para que las capas acumuladas hayan llegado á elevarse sobre el nivel del Oceano Indio en una extension que no bajará de 70.000 kilómetros cuadrados, siendo la profundidad de este terreno de aluvion, por término medio, de 150 metros: suman, por lo tanto, más de 10.000 millares de metros cúbicos las sustancias que han sido arrastradas por los rios.

Toda la poblacion india podria apénas trasportar la enorme cantidad de limos que el rio sagrado lleva constantemente á la bahía de Bengala.

La masa de materias en suspensión arrancadas por las aguas á los restos volcánicos del monte Himalaya es tan considerable, que el mar pierde su transparencia hasta unas cuarenta leguas de la costa. Esta es una señal por la cual los marinos reconocen que se acercan al golfo de Bengala.

Desde el nacimiento de un rio hasta su desembocadura, el volúmen del agua se aumenta constantemente por los afluentes que recibe y por los manantiales que existen en su lecho.

Esta última causa es generalmente de poca importancia, y puede admitirse que de un afluente á otro el movimiento es permanente; es decir, que la cantidad de agua que atraviesa una sec-



ción transversal en un segundo, es fija constantemente. En este caso, si las dimensiones transversales del río fuesen las mismas en todos los puntos, como sucede en los canales, la velocidad del agua sería la misma en todos ellos; mas esto sería muy raro, y el cambio de dimensiones transversales en anchura y profundidad, causan las variaciones correspondientes de la velocidad. Esto se comprende fácilmente: el volumen de líquido que atraviesa una sección en un segundo, se obtiene multiplicando por la velocidad la superficie de esta sección, tomada perpendicularmente á la dirección de la corriente; conforme á la hipótesis sentada anteriormente, este volumen es igual en todos los puntos, y sucederá que mientras más estrecha sea la sección, la velocidad será mayor.

De esto resulta, que en los sitios en que un río es ancho y profundo, el agua está más tranquila, en tanto que en los estrechos y poco profundos corre con gran velocidad.

En este último caso, la resistencia producida por el rozamiento contra los bordes y el lecho es más intenso, y como esta resistencia debe ser vencida por efecto de la gravedad dirigida paralelamente al movimiento, las moléculas líquidas deben moverse según que las líneas sean más inclinadas y la sección transversal más estrecha.



Así, donde el lecho del río es ancho y profundo, y por lo tanto, la velocidad menor, la superficie del agua permanece horizontal, en tanto que en los sitios donde la velocidad es mayor, en razón á la estrechez de la sección, esta misma superficie presenta una inclinación mucho mayor.

En la época de las crecidas, la velocidad de la corriente de un río es mucho mayor que en las circunstancias ordinarias. Este aumento de velocidad es una consecuencia de las leyes del movimiento. Para convencernos de esto, supongamos que á consecuencia de una crecida la superficie de una sección transversal de la masa líquida es doble de la que tenía anteriormente, la cantidad de líquido contenida entre dos secciones próximas será igualmente doble, y la fuerza que tiende á acelerar el movimiento, es decir, lo resultante de la gravedad, será dos veces mayor; mas la anchura de los bordes del lecho en contacto con el líquido no habrá aumentado en la misma proporción; la velocidad de la corriente debe aumentarse, porque el rozamiento del agua contra los bordes es bastante á equilibrar la acción impulsiva de la gravedad.

El conocimiento de la velocidad de un río es indispensable por una multitud de circunstan-



cias; con él puede apreciarse hasta cierto punto la acción de la corriente sobre su lecho, y sobre todo, el conocimiento del volumen de agua que entra y sale. Esta velocidad se determina por medio de unos aparatos llamados hidrómetros. El aparato más generalmente usado es el molinete de Woltmann; con él puede apreciarse la velocidad á cualquier profundidad. (Fig.^a 1.^a).

Numerosos experimentos, ejecutados por medio de este aparato, han hecho conocer que la velocidad disminuye á medida que se aproxima al fondo ó las paredes del lecho, y que la mayor corriente se encuentra en la superficie, en la parte que corresponde á la mayor profundidad. A partir del punto de mayor velocidad, el nivel baja de una y otra parte hasta los bordes, de tal modo, que la sección transversal se termina en la superficie por una curva convexa, cuya altura es la corriente del agua.

A medida que se desciende de la superficie, la velocidad del agua disminuye gradualmente: primero de una manera insensible, aumentando su gradación de una manera más pronunciada y creciente, que llega á ser rápida, cuando se acerca al fondo, donde la velocidad es siempre ménos de la mitad que en la superficie.

El resultado de lo que precede, es que, en



una misma seccion trasversal, no es la misma en diferentes puntos. La velocidad de una corriente de agua, tal como se aprecia ordinariamente, no es exacta; puede considerarse como el término medio de la velocidad la observada en gran número de puntos de una seccion. Como en todos los cálculos sobre las corrientes de las aguas juega un papel tan importante, generalmente se deduce de la velocidad observada en la superficie.

Los numerosos experimentos hechos en los grandes rios han demostrado que este medio de determinacion arroja una exactitud aproximada y suficiente.

La velocidad en la superficie se mide muy fácilmente. En el uso ordinario se emplea por flotador un cuerpo, cuyo peso específico sea igual al del agua. Algunos pedazos de tabla redondeados, puestos sobre la corriente, son bastante para conocer el número de segundos que emplean en recorrer una distancia anteriormente medida. La relacion de los segundos empleados, con el número de metros recorridos, dan la velocidad aproximada. El conocimiento de la velocidad media, tiene por objeto determinar la cantidad de agua que lleva el rio que se trata de apreciar, determinacion que es de grande interes para saber qué cantidad pue-



de tomarse del rio sin perjudicar á la navegacion, donde la hubiese, y para repartir el agua con entero conocimiento, segun las necesidades del riego y demas usos á que se destine.

El medio más sencillo para conocer la cantidad de agua que lleva un rio, es multiplicar la superficie de una seccion trasversal por la velocidad media de esta seccion.

La determinacion de la superficie se obtiene fácilmente por medio de la sonda, con la que se averigua la profundidad del agua en distintos puntos de un plano perpendicular á la direccion de la corriente.

En la superficie del globo es tanta la diversidad de las corrientes, que la relacion del volumen y la velocidad varía entre límites tan apartados, que sería imposible fijarla como base de una clasificacion. Por otra parte, la cantidad de agua que lleva un rio está sujeta á grandes variaciones.



CAPÍTULO III.

Pozos artesianos.—Origen de su nombre.—Antigüedad.—Oásis.—Procedimientos de los árabes.—Los chinos.—Diversas teorías.—Objeciones.—Clases de terrenos.—Citas curiosas de Arago.—Otras grandes filtraciones.—Capas de agua superpuestas.—Fenómeno de la ascension de las aguas.—Objeciones á la nueva teoría.—Hechos que la justifican.—Importancia moderna de los pozos artesianos.—Pozo de Saint-Ouen.—De Greneble.—De Passi.—Procedimiento de Mr. Kind.—Accidentes ocurridos.—Hechos curiosos.—Primeros ensayos en España.—Pozos en Albacete, Cartagena, Murcia, Orihuela, Valencia, Málaga, Cataluña y Alcalá de Chisbert.—Método chino.—Método ordinario.—De sonda hueca.

A los surtidores creados por la mano del hombre y alimentados por capas de aguas subterráneas, provenientes de una gran profundidad, se les da el nombre de pozos artesianos, por ser en la provincia de *Artois* (Francia), donde, por primera vez en Europa, á principios del siglo XII, se abrieron estos pozos, siendo el más antiguo que se conoce el del convento de cartuja de Lillers, ciudad del Pas-de-Calais.

La existencia y propiedades de las aguas subterráneas eran conocidas de los romanos y de los egipcios, como lo prueban numerosos testimonios.



Segun Diodoro, obispo de Tarsis, muerto al final del siglo IV, el grande Oásis, que se encuentra en el desierto á 150 kilómetros, cerca de la frontera egipcia, no debia su fertilidad sino á los pozos surtidores, creados por la mano del hombre, «porque la region interior de la Tebáida que llaman Oásis, no tiene ni ribera, ni aguas que la rieguen, sino que está vivificada por fuentes que surten de la tierra, no de ella misma, ni por las aguas de las lluvias que caen sobre la tierra y que vuelven á salir por sus venas, como sucede entre nosotros, sino en gracia á un gran trabajo de los habitantes.»

Este curioso pasaje del obispo de Tarsis, concuerda perfectamente con el testimonio de Olimpiodoro, escritor que floreció en Alejandría á la mitad del siglo VI, el cual refiere «que los pozos creados en los oásis, á una profundidad variable entre 200 á 500 codos, lanzaban por sus orificios rios de agua que los agricultores aprovechaban para el riego de los campos.»

Que los habitantes del Sahara conocen desde muy antiguo los pozos perforados, lo prueba el pasaje siguiente, sacado de los viajes de Shaw: «Esta aldea, situada bastante al interior del Sahara, no tiene ni fuentes ni manantiales. Los habitantes se procuran el agua de una manera bastante singular: hacen unos pozos á 100, y al-



gunas veces á 200 brazas de profundidad, y no dejan nunca de encontrar el agua en grande abundancia; para ello atraviesan diversas capas de arena y de cascajo, hasta que encuentran una especie de piedra parecida á la pizarra, y que saben que está precisamente sobre la capa de agua subterránea. Esta piedra se agujerea con facilidad, despues de lo cual surte repentinamente el agua en grande abundancia, y los que se encuentran abajo para hacer esta operacion, son muchas veces sorprendidos y ahogados, por lo que se retiran todo lo más pronto que les es posible.»

Así es, que la existencia de los pozos artesianos en los oasis, en los primeros siglos del cristianismo, es un hecho que está fuera de toda duda. Mas, como por otra parte, los oasis fueran celebrados desde la más remota antigüedad por la bondad de su vegetacion, la cual no puede tener lugar por otro medio que por el alumbramiento de aguas subterráneas, hay que deducir forzosamente que los pozos artesianos en los oasis datan desde la época en que las historias nos hablan de su fertilidad.

La vegetacion de los oasis en medio de los abrasadores desiertos del África, es un fenómeno sorprendente. Rodeados por todas partes de móviles arenas, forman islas de verdura, donde



las caravanas pueden reposar de sus crueles fatigas y de sus pasos aventurados á traves de la inmensidad del desierto.

Cuando en medio de estas vastas planicies, abrasadas por el sol, surge una fuente, luego que los vegetales recogen la humedad que, unida al calor, constituyen las condiciones esenciales de su desenvolvimiento, germinan alrededor de esta agua bienhechora; el sol debilita sus rayos, que sufren una rápida trasformacion, y el hombre puede establecerse allí, en donde ántes estaba por el calor imposibilitado de luchar contra la fatiga, el sueño y el hambre. ¡Qué contraste tan notable ofrece la vista de un oasis, con sus verdes palmeras, sus jardines cultivados, la vida, en una palabra, y á su alrededor la esterilidad, la desolacion, la muerte!

Pero ya que la naturaleza ha querido que en estos inmensos desiertos del Sahara se pueda producir á voluntad el maravilloso fenómeno hidráulico de los pozos artesianos, la creacion de innumerables oasis debia ser la consecuencia, y el desierto sería verdaderamente conquistado.

Bajo una inmensa extension de 800 leguas de intervalo entre la Argelia y el Egipto, circulan espesas capas de agua subterránea, bastando hacer una abertura en cualquier punto para que broten á la superficie,



Mr. Aymel, que hace pocos años fué nombrado por el pachá de Egipto gobernador de los dos oasis, en la memoria que ha remitido á la Sociedad de Fomento de París, dice:

«Estos pozos tienen un diámetro de 6 á 10 piés, y una profundidad de 60 á 75, á la que se encuentra una roca calcárea, bajo la cual se halla una masa de agua corriente, que sería capaz de inundar los oasis, si los antiguos egipcios no hubieran establecido las válvulas de seguridad en piedra dura, de la forma de una pera, con una anilla de hierro, para poderla poner y quitar, á la medida del alga.»

«El alga, llamada así por los árabes, es el agujero practicado en la roca calcárea, que segun la cantidad de agua que asciende, es de cuatro á ocho pulgadas de diámetro. Mis investigaciones y la experiencia me han hecho conocer que los antiguos trabajaban del modo siguiente.

Comenzaban por abrir un pozo cuadrado, hasta que llegaban á la roca calcárea, bajo la cual se encuentra esa inmensa cantidad de agua; una vez reconocida la roca, guarnecian las cuatro fachadas con tablones muy gruesos, para evitar derrumbamientos de tierras. Este trabajo se hacía en seco, y terminado, perforaban la roca, ya fuera con una barra de hierro, ya con



un hierro muy pesado sujeto á una polea. Todos los agujeros que existen en la roca calcárea tienen de 300 á 400 piés para llegar á la corriente de agua subterránea, y en su fondo se encuentran arenas como las del Nilo. El hecho material que más me ha confirmado en mis opiniones sobre las corrientes subterráneas, es que, limpiando un pozo á la profundidad de 325 piés, he sacado peces que he comido en mi mesa. Todas las tablas de los antiguos pozos estaban podridas.»

Los romanos, que dentro de su vasto imperio poseyeron los oásis, debieron necesariamente instruirse en la industria de los pozos artesianos, y la llevaron á todas aquellas partes donde podía tener aplicacion. Parece confirmar esta opinion los pozos artesianos que se encuentran en la Argelia, que por su estado y la antigüedad de su construccion se remontan, cuando ménos, á la época de la dominacion romana.

Los procedimientos que los árabes emplean en la construccion de estos pozos, ofrecen inmensas dificultades por la falta y desconocimiento de instrumentos á propósito, costándoles trabajos muy fatigosos que les causan graves males, adelantando con una lentitud extrema, y no alcanzando tampoco perfeccion



en sus obras ni condiciones de gran duracion.

Mr. Ch. Laurent, que ha estudiado mucho tiempo la parte oriental del Sahara, ha referido minuciosamente la manera con que aquellos indígenas llevan á efecto estas construcciones.

Los franceses han prestado grandes beneficios á las tribus de Argelia con la construccion de pozos artesianos en unos puntos como el de *Tamerna*, en el *Oued R'ir*, y recomponiendo otros como el del oasis de *Sidi Rached*.

Los chinos, que nos han precedido en un gran número de invenciones, debieron conocer las fuentes surtidoras desde millares de años, pues entre los numerosos taladros que tenian la costumbre de hacer á 400 y 500 metros de profundidad, buscando aguas minerales, no dejarían de operar alguna vez en terrenos de estructura geológica, apropiada para los pozos artesianos.

Aunque el descubrimiento de estos pozos se remonta á una época antiquísima, sus resultados no han sido muy provechosos, hasta que la ciencia ha podido apreciar en sus menores detalles el maravilloso fenómeno de los pozos artesianos.

Esta explicacion viene precedida desde antiguo de teorías muy ingeniosas y complicadas, debidas á las ideas emitidas por Aristóteles y



sus discípulos, sobre el origen de las aguas de los surgidores y de las fuentes, y como han tenido mucha importancia en la explicacion de un gran número de fenómenos naturales hasta el siglo XVII, no creemos inoportuno dar á conocer las que más especialmente se relacionan con la materia de que tratamos.

La presencia del agua de los pozos á cierta profundidad debajo del suelo, les llevó á suponer que el mar, por medio de la filtracion, penetraba en los continentes y formaba á lo largo una inmensa capa líquida; en su trayecto, á través de las tierras y rocas, el agua dejaba de ser salobre, de tal suerte, que en un punto cualquiera del globo debia encontrarse una capa de agua dulce, luégo que por la abertura de un pozo se llegase á una profundidad igual á la del nivel del mar.

Esta atrevida hipótesis no era suficiente á explicar el origen de las fuentes situadas á mayor ó menor profundidad del nivel del mar, por lo que otros lo atribuian al calor central. Hipótesis que, aunque muy antigua, se encuentra reproducida por Descartes en el párrafo que vamos á citar:

« Las aguas penetran por conductos subterráneos hasta el interior de las montañas, de donde el calor que hay en la tierra las ele-



van en forma de vapor á la superficie, alimentando los manantiales, las fuentes y los rios. »

En las teorías que acabamos de exponer están sintetizadas las de Platon, explicada por el Tártaro ó inmensa cima que atraviesa la tierra, donde vierten todas las aguas de los mares, lagos y rios, de donde vuelven á salir por distintos conductos para volver otra vez; y las de Aristóteles y sus discípulos, por las *causas ocultas, la influencia de los astros, la propiedad vivificante de la arena pura, la fuerza de proyeccion, la fuerza expansiva, la fuerza vital de la tierra*, etc.

Una sola observacion es bastante para reducir á la nada tan brillante concepcion. En la época de grandes sequías, la mayor parte de las fuentes disminuyen sus aguas y algunas se secan. ¿Cómo, entónces, el calor central no eleva sus vapores y los convierte en aguas?

Una experiencia verdadera, pero indebidamente generalizada sobre la poca permeabilidad de ciertas materias que componen la corteza del globo, ha sostenido largo tiempo la explicacion de las fuentes elevadas por la condensacion del vapor debido al fuego central.

Esta experiencia, repetida por un gran número de físicos, les habia hecho comprender que el agua de lluvia, por abundante que sea, no



penetra jamás en la tierra vegetal á más de dos ó tres metros, de lo que dedujeron que no podia este ser el origen de fuentes situadas más bajas que el nivel del mar, y bajo un gran espesor de tierras. Esta conclusion sólo tendria valor si la superficie del globo estuviera cubierta por todas partes de una capa de tierra vegetal de algunos metros de espesor; pero en un gran número de puntos, la capa superior es de arena, á traves de la cual el agua filtra con gran facilidad; y en otros, los intersticios de las rocas permiten al agua circular por ellos libremente.

Una prueba de esta última asercion es que, en las minas situadas en el centro de terrenos calcáreos, el agua aumenta en sus más profundas galerías á las pocas horas de haber comenzado á caer la lluvia en la superficie del globo.

Desde el momento que las aguas pluviales pueden penetrar el suelo á grandes profundidades, parece natural suponer que ellas son el origen de los manantiales, de los pozos ordinarios y de los pozos artesianos.

La envoltura terrestre no ha sido formada de una sola vez; la formacion de las distintas capas minerales de que ella se compone se remonta á épocas distintas, en las cuales la ciencia ha llegado á encontrar signos característicos. Estas diversas capas pueden dividirse en tres



especies principales de terrenos superpuestos; los terrenos primitivos y de transición, los terrenos secundarios y los terrenos terciarios.

En los terrenos primitivos y de transición, las hendiduras y uniones de las rocas son en general muy pequeñas, y raramente comunican entre sí. Las aguas de infiltración no circulan en estos terrenos sino con grande dificultad. Así es, que si bien en ellos las fuentes son numerosas, son poco abundantes y surten generalmente á poca distancia del punto donde se ha producido la infiltración.

Los terrenos secundarios tienen, por lo común, la forma de inmensas bacías, es decir, que bajando suavemente su nivel hácia el centro en una gran extensión, en la parte superior se encuentran rodeados por una cintura de colinas ó de montañas. Las rocas secundarias están dispuestas por capas, de las que algunas, aunque muy espesas, se componen de arenas, en parte disgregadas, y por consecuencia muy permeables; estas capas se presentan descubiertas sobre los flancos de las montañas, y las aguas pluviales penetran por infiltración, formando capas líquidas continuas, que deben precipitarse hácia los puntos bajos, en donde el declive de las capas es mayor.

Los terrenos terciarios están compuestos de



capas superpuestas y separadas unas de otras por huecos anchos y profundos; por esto se les llama estratíficos.

Estos terrenos afectan igual forma de bacía, resultado del levantamiento de sus capas, de las excesivas aguas y sacudimientos terrestres que han venido á alterarlos y á destruir su simetría y paralelismo. En el acto del levantamiento de la masa total, todas las capas quedan ordinariamente desgarradas, de suerte que están descubiertas en los flancos y en las alturas de las colinas.

Entre la série de capas de que se componen los terrenos terciarios se encuentran á mucha distancia capas de arena, que, por su permeabilidad, son muy propias para recoger las aguas pluviales, las cuales reciben en algunos puntos su movilidad por la gravedad y la presión ejercida por el agua contenida en las partes inclinadas. En los terrenos terciarios donde se presenta esta importante particularidad, el número de capas líquidas subterráneas está por lo regular determinado por el número de capas arenosas que descansan sobre las capas impermeables.

Bajo el punto de vista especial que nos ocupa, las dos últimas clases de terrenos que acabamos de examinar, pueden considerarse se-



mejantes; la única diferencia que presentan es, que en los terrenos secundarios, los fenómenos se realizan en mayor escala, á causa del prodigioso espesor de sus capas y de sus alteraciones mucho ménos frecuentes. Esta es la razon porqué las fuentes naturales de los terrenos secundarios son en menor número pero más abundantes.

Las consecuencias á que conducen la forma y naturaleza de los terrenos estratíficos se encuentran confirmadas por la observacion de fenómenos muy notables.

Hemos dicho que en las capas permeables las aguas pueden formar capas líquidas que se mueven con cierta velocidad. La existencia de estas capas está confirmada por numerosos ejemplos. El más notable es el que, al tratar de los pozos artesianos, refiere Arago del lago de Zirknitz, en Carniola. «Este lago tiene cerca de dos leguas de largo por una de ancho. Hacia la mitad del estío, si la estacion es seca, su nivel baja rápidamente, y en pocas semanas se queda completamente seco, de modo que se perciben distintamente las aberturas por las que el agua se ha retirado bajo el suelo, unas verticales y otras en direccion lateral hacia las cavernas que se encuentran en las horadaciones de las montañas circunvecinas. Inmediatamente despues de la



retirada de las aguas, toda la extension del terreno que cubrian es puesta en cultivo, y al cabo de un par de meses, los labradores siegan el heno ó cogen millares de granos, donde poco tiempo antes pescaban tencas y sollos. Hacia el fin del otoño, despues de las lluvias de la estacion, las aguas aparecen por los mismos conductos naturales que le abrieron paso para su desaparicion.»

«El órden que dejo marcado para la retirada y aparicion de las aguas es el ordinario ó normal. Las irregularidades atmosféricas lo alteran frecuentemente. Algunas veces la caida de una abundante lluvia de tormenta sobre las montañas que rodean á Zirknitz, es bastante para que el desborde del lago subterráneo inunde en pocas horas con sus aguas la parte más alta del terreno. He observado en estas diferentes aberturas del suelo distintas particularidades; por unas sale solamente agua; otras dan paso al agua y á peces más ó ménos grandes; por otras salen tambien ánades del lago subterráneo.»

«Estos ánades, en el momento en que el flujo de las aguas los hacen salir á la superficie, nadan bien. Están completamente ciegos y casi desnudos. La facultad de ver la adquieren al poco tiempo, y bastan dos ó tres semanas para que se cubran de plumas negras todo su cuer-



po, excepto en la cabeza. Valvasor visitó el lago de Zirknitz en 1687, y cogió por sí mismo un gran número de ánades, y vió á los habitantes del país pescar anguilas de 2 y 3 libras, tencas de 6 y 7 y sollos de 20 y 30 y hasta de 40 libras.»

Tenemos, por tanto, confirmada la existencia no solo de capas subterráneas, sino la de un verdadero lago subterráneo con peces y ánades como los que pueblan los lagos de la superficie.

En Francia existen tambien, aunque en menor escala, otros fenómenos parecidos.

En las memorias de la Academia de Ciencias de 1741, se cita que cerca de Sablé, en Anjou, en medio de una especie de landa, existe una fuente, ó por mejor decir, un agujero de 6 á 8 metros de diámetro, cuya profundidad no se ha podido determinar; esta sima, conocida en el país con el nombre de Fuente sin fondo, se desborda algunas veces y arroja una cantidad prodigiosa de peces, y sobre todo, sollos y truchas de una especie particular.

«Esto ha dado lugar á creer, dice el secretario de la Academia, que todo este terreno es como la bóveda de un lago situado debajo.»

Á la otra extremidad de Francia, en el departamento del Alto-Saona, cerca de Vesoul, un embudo natural, llamado Pozo-frio, presenta



✓ El Sr. D. Máximo Laguna ha descrito el *Sumidero de Montejaque* y la *Cueva del Gato*, grandes simas abiertas en profundos tajos de las rocas en las inmediaciones de Ronda. Rompiendo y horadando el inmenso muro que se opone á su corriente, se precipita por el sumidero de Montejaque un pequeño riachuelo que baja de las vertientes de Grazalema, el cual, segun las gentes del país, es el mismo que sale formando saltos y cascadas por la boca de la cueva del Gato, cuyas dimensiones son 30 metros de altura por 15 de ancho. El citado riachuelo, á corta distancia de su salida, y despues de formar un ancho remanso, se une con el nombre de Guadares al rio Guadiaro, aumentando el caudal de éste en un volúmen variable segun los temporales, el cual no bajaba de un metro cúbico por segundo el dia 26 de Marzo de 1867, en que dicho señor visitó la cueva.

✕ El Sr. Llaurado ha observado este mismo fenómeno en un arroyuelo que nace y muere en el pequeño valle de Barig, en la provincia de Valencia, de unos 4 kilómetros cuadrados de superficie, verdadero cráter de depresion, que no ofrece más salida á las aguas que caen en su cuenca que la que les proporcionan algunos sumideros (aveuchs) situados en el fondo de la hoya.



Hemos dicho que en los terrenos estratíficos existen, situadas á diversas profundidades, capas de arena permeables, pudiendo dar lugar á otras tantas capas líquidas distintas.

Los trabajos de sondaje hechos en Saint-Nicolas de Aliermont, cerca de Dieppe, demostraron la existencia de 7 grandes capas de agua muy abundantes y completamente distintas, situadas á profundidades variables, desde 25 hasta 330 metros.

Todas estas capas están dotadas de una fuerza ascensional muy grande.

En la perforación del pozo de Saint-Ouen se encontraron 5 capas líquidas susceptibles de ascension, y completamente distintas entre sí, aunque estaban próximas las unas á las otras, la primera se encontró á los 36 metros de profundidad y la quinta á los 66.

Los ejemplos que hemos citado no dejan duda alguna de la existencia de inmensas capas de agua subterránea, debidas á las infiltraciones de las aguas pluviales, á traves de las capas permeables de la corteza terrestre.

¿Pero cuál es la fuerza que pone en movimiento estas aguas y las hace salir á la superficie del globo? Un experimento bien sencillo y conocido nos lo demuestra.

Si en uno de los brazos de un tubo encorvado



en forma de *U* se echa agua, ésta se extiende por el otro y se mantiene á un nivel igual en los dos brazos.

Supongamos que uno de éstos comunica con un depósito, y que el otro está interceptado en su parte baja por una llave; si ésta se abriese de pronto, el agua empujaría al aire de abajo arriba y se elevaría hasta la altura del nivel del agua en el depósito que alimenta el brazo opuesto. En realidad, la altura observada por la experiencia en estos fenómenos de la naturaleza es un poco más baja, pero esta diferencia no tiene importancia para la verdad del principio, y es únicamente debida á la resistencia del aire y á los rozamientos de todas clases que se desarrollan en el movimiento del agua.

La forma del tubo, abstracción hecha de los rozamientos, no altera nada, ya sea circular, elíptico, cuadrado, estrecho ó largo, el agua, obedeciendo á la presión, se elevará en todos ellos á la misma altura.

El ejemplo que acabamos de presentar con un simple tubo, no es otra cosa en pequeña escala que el maravilloso fenómeno de los pozos artesianos. Ya hemos dicho que en los terrenos secundarios las capas permeables no se encuentran descubiertas sino en las vertientes de las colinas y en sus alturas, y estos son los puntos



relativamente elevados por donde las aguas pueden penetrar. Estas capas acuíferas descienden á lo largo de los flancos de las colinas, y se extienden casi horizontalmente en las planicies, donde se encuentran aprisionadas entre dos capas impermeables de rocas ó de arcilla, y estas son las capas de agua que se encuentran en las condiciones hidrostáticas de nuestro ejemplo.

Un taladro practicado en el valle hasta encontrar una capa permeable sería el segundo brazo del tubo, y el líquido se elevaria por él hasta la altura que la capa correspondiente conserva bajo el flanco de la montaña donde toma origen.

Así se explica que en un terreno dado, las aguas subterráneas, situadas á distintas profundidades, pueden tener fuerzas ascensionales diferentes, y con la misma facilidad se explica porqué una misma capa puede en un punto brotar á grande altura, en tanto que un poco más allá no llega más que á la superficie del suelo. La desigualdad de nivel es la única causa de estos aparentes misterios.

La explicacion que acabamos de dar no es moderna; y ya se le habia alcanzado á algunos físicos antiguos. Casini, en el año 1671, emitió la idea de que las aguas de los pozos ascenden-



tes de Módena podían venir por conductos subterráneos desde la altura del monte Apenino, que no dista ménos de diez millas.

Esta teoría no ha sido siempre admitida sin contradiccion y ha dado lugar á muchas objeciones, de las que la más importante se halla á la vez indicada y refutada en el párrafo que vamos á citar de M. Arago. «Cada uno de los pozos artesianos, por ejemplo, el de Lillers, en Artois, surge en medio de inmensas planicies. La más insignificante colina no se encuentra por ninguna parte; ¿dónde se encuentran, exclaman, esas columnas hidrostáticas, cuya presión debe elevar las aguas subterráneas al nivel del punto más elevado? Yo respondo que hay que irlos á buscar, si es necesario, á donde no alcanza la vista, á 15, 30 ó 60 leguas más allá.»

«La existencia de una capa líquida subterránea de 100 leguas de extension, creo que será contestacion cumplida para los que niegan, contra todos los testimonios de la ciencia, que 100 leguas de tierra no pueden tener la misma constitucion geológica. Vamos á citar un hecho que resuelve la cuestion.»

«Hay en el fondo de los mares fuentes de agua dulce que brotan verticalmente hasta la superficie. El agua de estas fuentes viene evi-



dentemente de tierra por conductos naturales situados debajo del lecho del mar.»

Hace pocos años, un convoy inglés, en el que iba M. Buchanan, encontró en una calma completa en el mar de la India, una abundante fuente de agua dulce, á una distancia de 100 millas (36 leguas), del punto más próximo de tierra. Este punto estaba en los Junderbuns.»

Humboldt cita una fuente de agua dulce que sale á grandes borbotones en la bahía de Jagua, á tres millas de la costa meridional de Cuba; Spallanzani describe la fuente del golfo de Spezia, situada á 50 metros de tierra, que forma un montículo de agua dulce de 25 metros de diámetro por 3 ó 4 decímetros de altura en su punto culminante, estando la mar tranquila.

Desde hace unos cincuenta años los pozos artesianos han tomado grande importancia en la mayor parte de los pueblos de Europa.

A legua y media de París, cerca de Saint-Ouen, donde Mr. Terneaux tenía sus establecimientos industriales, trató de hacer un gran estanque, y con objeto de ver si podían aumentar el agua de este depósito sin tenerla que elevar toda del Sena, encargó en 1829 á Mr. Ardoin la abertura de dos pozos ó fuentes ascendentes. Con la barrena del sondador ó minero se hizo un taladro de doscientos piés, á cuya profundi-



dad se encontró el agua, y puestos los tubos, se elevaba sobre el terreno unos seis piés; se formó una taza de fuente con su surtidor, análoga á las cuatro que hay en el Prado de Madrid, sin más diferencia que estar más baja la taza. Hízose otro taladro, pero el agua se quedaba á unos 8 piés del nivel del suelo; entónces abrieron otro á unos 40 piés de distancia del primero, y á los 181 de profundidad se halló el agua que se elevaba á la misma altura sobre el nivel del suelo que en el otro, y se formó otra fuente igual, con las que proveían satisfactoriamente al objeto de su construccion.

Los lisonjeros resultados de estos pozos y los de Rouen, Tours y Saint-Denis, decidieron á la municipalidad de París en 1833 á crear un pozo artesiano en la llanura de Grenoble, habiéndosele encomendado la ejecucion á M. Mulot, uno de los más hábiles sondeadores de la época.

Numerosos y desgraciados accidentes ocurrieron en la perforacion de este pozo, hasta que el 26 de Febrero de 1841, despues de ocho años de enérgicos esfuerzos, se habia llegado á la inmensa profundidad de 548 metros, y de repente la sonda se introduce algunos metros. Mr. Mulot, hijo, que estaba presente, anuncia que la sonda estaba rota de nuevo ó que el agua



debe brotar, y en efecto, algunas horas después, una magnífica columna de agua salida de las profundidades de la tierra venía á recompensar el trabajo y la constancia.

Los resultados obtenidos en la perforacion del pozo de Grenelle habian probado que debajo de la piedra arenisca verde, á unos 580 metros de profundidad, existia una capa acuífera capaz de elevarse hasta el nivel del suelo por la abertura de un pozo de sonda.

La dificultad de procurarse grandes cantidades de agua en el llano que ocupa Passy y el bosque de Boulogne, sin recurrir al medio costosísimo de las máquinas elevadoras, hizo que la municipalidad de París aceptase el ofrecimiento que M. Kindle hizo en 1854, de abrir un pozo de mayores dimensiones que el de Grenelle por la suma de 350.000 francos y en tiempo de dos años. La municipalidad se reservó el derecho de continuar los trabajos como tuviera por conveniente, si no quedaba terminada la obra después de gastada la cantidad consignada en el presupuesto. La perforacion debia practicarse con la sonda del sistema Kind, que diferia de la empleada en Grenelle por Mr. Mulet, en que aquella actuaba solo por percusion, y estaba constituida por un trépano de caudal libre, sostenido por un vástago de densidad igual á la del agua.



El instrumento de perforacion de Kind es un trépano de hierro forjado, de 1.800 kilogramos de peso, provisto de siete dientes de acero fundido, de 0^m,25 de longitud cada uno, y sujeto á un escape de tenaza que le permite desprenderse de la varilla de suspension. (Fig.^a 9.^a).

El escape ó aparato de caída libre está formado por un cilindro hueco de gutapercha, de 0^m,60 de diámetro, en el cual se introducen los brazos de la pinza ó tenaza que sostiene el vástago del trépano. Este vástago se halla constituido por una série de barras, de madera de pino, de 0^m,09 de escuadra, enlazadas entre sí por medio de abrazaderas y tornillos de hierro, en una longitud de unos 20 metros, y cuyo conjunto ofrece un peso próximamente igual al del volumen de agua que desaloja cuando se mueve en ésta, en cuyo caso basta un pequeño esfuerzo de traccion para levantar la sonda. (Fig.^a 8.^a).

La perforacion se practica de una manera muy sencilla; mientras que el conjunto del aparato desciende rápidamente por su propio peso, el cilindro de gutapercha, que puede moverse alrededor del eje de escape, queda detenido por la presion del agua, que siempre se encuentra en la parte interior del pozo y abre la tenaza que sostiene el trépano, desprendiéndolo.



se éste del vástago. Por el contrario, la tenaza vuelve á cerrarse y levantar el cincel cuando aquella vuelve á subir con el cilindro móvil, en virtud de la accion opuesta que éste ejerza en la pinza.

Se comunica el movimiento oscilatorio al aparato por uno de los extremos de un fuerte balancin, que el opuesto tiene un vástago de hierro adaptado al piston de una máquina de vapor de diez caballos de fuerza. Segun la naturaleza de las capas del terreno sobre que se opera, así se acelera ó retarda el movimiento del piston, y por lo tanto, el apatato de la sonda. La altura á que se hace ascender el trépano para dejarlo caer, no pasa, por término medio, de 60 centímetros.

Para limpiar el fondo del pozo, despues de haber perforado una profundidad de uno, á un metro y medio, se sube el trépano por medio de un cable plano que se arrolla á un torno movido por el segundo cilindro de la máquina de vapor. Este cable pasa por la garganta de una polea fija en la techumbre de la torre que cubre la boca del pozo, á una altura suficiente para facilitar la desarticulacion del vástago de suspension. Extraido el trépano, se le suspende de una plataforma móvil sobre un rail, y se le separa con el fin de dar paso al instrumento



destinado á la limpia del fondo del taladro. Consiste éste en un cilindro de palastro, de fondo móvil, de un metro próximamente de altura por 0^m,80 de diámetro. (Fig.^a 10.^a).

La naturaleza y espesor de las capas atravesadas en la perforacion del pozo de Passy, no diferian en nada de las del de Greneble. En los extratos de greda pura se ahondaba 5 metros cada veinticuatro horas, miéntras que en otros apenas llegaba á un metro en el mismo tiempo. En el pedernal se gastaba el cincel rápidamente, llegando á perder casi un centímetro por hora.

La perforacion empezó el 15 de Setiembre de 1855, con un diámetro de 1^m10 en las arcillas y de un metro en la creta, verificándose la operacion con una facilidad asombrosa, aunque no con la rapidez que Mr. Kind habia anunciado. En los últimos dias del mes de Marzo de 1857, despues de haberse atravesado una profundidad de 528 metros, habiendo bajado la sonda hasta la proximidad de las areniscas verdes, bajo las que se encuentran las aguas ascendentes, sobrevino un accidente deplorable que estuvo á punto de malograr tantos esfuerzos.

A medida que bajaba la sonda, se iba revisitando el pozo con un tubo de palastro, de dos



milímetros de grueso, destinado á contener las tierras; en 31 de Marzo fué aplastada la tubería por el empuje de las arcillas á una profundidad de 52 metros bajo el nivel del suelo. Este accidente, que hubiera podido evitarse dando mayor resistencia á los tubos, produjo un retraso de tres años en el éxito de la empresa, é hizo elevar á un millon de francos el presupuesto, que se habia fijado en 350.000.

Despues de este accidente, la municipalidad de París encomendó á sus ingenieros la direccion de los trabajos, quedando Mr. Kind encargado del sondeo propiamente dicho.

Para descombrar la porcion del pozo obstruida por los derrumbamientos, se procedió por los ingenieros franceses de la manera siguiente: Se abrió un pozo al rededor del antiguo hasta una profundidad de 53 metros; este pozo tenía 3 metros de diámetro en los dos tercios superiores de su altura, y 1^m70 en el resto, apoyando su base sobre la creta, y lo constituian una tubería de fundicion de tres centímetros y medio, con revestimiento interior de mampostería.

Se comprende cuántas dificultades debieron vencerse para el revestimiento; los tubos de fundicion se rajaban bajo la presion de las arcillas. A fuerza de gasto y perseverancia, pudo al



fin verse libre el pozo primitivo de 528 metros; pero al continuar la perforacion, sobrevinieron nuevos accidentes en la colocacion de la tubería.

El tubo preparado de antemano estaba formado por un cilindro de madera, de 0^m78 de diámetro, compuesto de piezas fuertemente unidas por armaduras de hierro. Terminaba en su parte inferior por un tubo de bronce, enchufado en una longitud de dos metros en el de madera, quedando 12 metros libres, y agujereado en toda su superficie para facilitar el paso del agua al llegar á la capa acuífera. Este sistema de tubería llegó sin obstáculo hasta una profundidad de 550 metros, en cuyo punto se atascó, ofreciendo todos los visos de un accidente irremediable. Despues de várias tentativas infructuosas, se encontraron los ingenieros franceses en presencia de dificultades análogas, aunque de solucion más difícil por la profundidad. Despues de haberse asegurado por un estudio geológico, en vista de los fragmentos sacados por la sonda, de que la capa acuífera debia hallarse próxima, se decidió practicar en el fondo un sondeo de ensayo, de pequeño diámetro, para seguirlo en su caso de otro mayor, hasta el normal ó necesario.

El 25 de Mayo de 1861 se encontró por pri-



mera vez el agua, la cual ascendió por la tubería sin llegar hasta arriba. La profundidad del taladro era de 570 metros.

Se enchufó un segundo tubo de hierro batido, de 20 de espesor y 52 metros de longitud. Aumentado así el diámetro del pozo, se prosiguió el sondeo con nuevo vigor, y en 24 de Setiembre se llegó á la capa artesiana, saliendo el agua al exterior en cantidad tan considerable, que en un principio fué de 15.000 metros cúbicos por 24 horas, y luego se elevó á 17.000. Su temperatura es de 28° centígrados.

La abertura del pozo de Passy ejerció una influencia notable en el de Grenelle, situado á 3.500 metros de distancia. Antes de la terminación de aquél, daba 900 metros cúbicos en 24 horas en el instante en que brotaron las aguas en el de Passy, pero en el mismo día bajaron á 806, y al siguiente á 777, que es el caudal con que se ha sostenido despues.

A los cuatro años, un accidente gravísimo vino á comprometer tan grandes resultados; despues de una corriente constante en este período, empezó á disminuir rápidamente hasta descender á 1.500 metros cúbicos por día.

Practicados numerosos y constantes reconocimientos, se descubrió por último la causa de esta enorme disminucion. Ya se ha dicho que



en el revestimiento del pozo se habia empleado tubería de madera, cuyos diversos trozos estaban unidos por dobles junturas, y sujetos por fuertes armaduras de hierro.

Llegado cierto momento, bajo la presion transmitida por las tierras, la cual se aumentaba considerablemente con la profundidad, estas uniones se fueron separando, hasta llegar á formar una corriente de escape; el agua, despues de pasar al exterior, subia á lo largo de los tubos hasta la altura de las capas del terreno terciario, por las que eran absorbidas.

Una vez reconocida la causa, no se hizo esperar la reparacion; y á pesar de las dificultades naturales que ofrecen los trabajos á tan gran profundidad, el mal se remedió en un tiempo relativamente corto, y las aguas volvieron á su caudal primitivo.

No dejaremos de citar dos hechos curiosos, acaecidos durante la perforacion de este pozo.

En el procedimiento de Mr. Kind, los troncos de hierro de la barrena fueron reemplazados por troncos de madera. El origen de esta sustitucion, segun indica Mr. Figuier, fué el siguiente: Habiéndosele caido el metro á un carpintero en el pozo cuando estaba lleno de agua, gritó un ingeniero con despecho: « Otro objeto más que sacar. — No se inquiete usted, dijo el obre-



ro, mi metro es de madera y él sólo saldrá.» —En efecto, al poco tiempo el metro reapareció, y el obrero pudo sacarlo del agua. — «¡ Ah! si las barrenas pudieran subir así, murmuró el ingeniero. — Lo mismo sucedería si fuesen de madera, » replicó Mr. Kind.

Desde aquel momento, la sustitucion de la madera al hierro realizó un progreso importante en las perforaciones á grandes profundidades.

El otro hecho es, que habiéndose roto el barrenado de hierro á unos 150 metros de profundidad, y que á más de su enorme peso, estaba profundamente clavado entre capas de terreno de aluvion, un iman de fuerza fabulosa estuvo á punto de vencer el obstáculo contra el cual todos los medios del arte se habian puesto ántes inútilmente en práctica.

Conocida que fué en España la abertura de los pozos de Saint-Ouen y Saint-Denis, tanto el gobierno como los particulares procuraron, hacer ensayos. En el camino de Fuencarral se abrieron dos pozos, y no dando resultado, se volvieron á cubrir; en 1834 se hizo en Barcelona otra tentativa infructuosa, y despues otras dos en Madrid, una en las cercanías donde estuvo la antigua plaza de toros, y otra en el Campo del Moro, que profundizaron hasta unos 200 piés, á los que encontraron agua, pero no



ascendente; y habiendo enfermado y muerto despues la persona que los promovía, se dejaron sin haber obtenido otro resultado. Igual suerte tuvo el que en 1850 hizo el Sr. Matheu en su casa de la calle de Espoz y Mina, en el cual bajó la sonda á mayor profundidad que en las anteriores tentativas. En este último sondeo se atravesaron las arenas del terreno cuaternario y parte de las arcillas terciarias, suspendiéndose la operacion á una profundidad de 195 metros, sin haber penetrado todo el espesor de estas últimas, cuya base, segun la opinion del distinguido ingeniero D. Casiano de Prado, no podia estar distante.

En la provincia de Albacete se han perforado dos pozos en busca de aguas ascendentes; uno en la estacion del ferro-carril de la capital, y otro en la posesion de los Llanos, propiedad del Sr. Salamanca, distante ocho kilómetros de aquella.

En el de la estacion se encontró la primera capa de aguas ascendentes á una profundidad de 53 metros; pero aún cuando dichas aguas elevaron el nivel de las que llenaban el pozo, ni eran de buena calidad, ni llegaban á la superficie del suelo. Se continuaron los trabajos hasta una profundidad de 86 metros, á la que se encontraron aguas surtidoras, que aunque no muy



abundantes, tenían la condición esencial de ser de muy buena calidad para el abastecimiento de las locomotoras y para las demás necesidades del servicio del ferro-carril, objeto preferente de su construcción. Por temor de perder dicha ventaja, se suspendieron los trabajos á la profundidad citada. El pozo suministra 18,50 litros por minuto á 50 centímetros sobre el nivel del suelo.

En el de los Llanos se llegó á una profundidad de 187 metros sin encontrar aguas surtidoras, abandonándose los trabajos, después de haberse gastado en el pago de los barrenadores 126.000 reales.

En Cartagena se abrió un pozo bajo la dirección del ingeniero Sr. Bardasano, y se encontró la capa surtidora á una profundidad de 30 25, siendo su elevación efectiva del suelo, de un metro. Estas aguas salen muy cargadas de principios salinos, cuya circunstancia es debida, á juicio del ingeniero, Sr. Inchaurrandieta, á los defectos de entubación, que permiten la mezcla del agua de la columna ascendente con la de las capas superiores, que se hallan en comunicación directa con el mar, en virtud de la permeabilidad de las masas que las contienen.

Las aguas del pozo abierto en la plaza del Rey marcan 160° en el hidrotímetro, y en el



análisis de ellas que hizo el Sr. Codorniu, reduciendo todos los cloruros al de sodio, que es el dominante, encontró 2,97 gramos de dicha sal por cada litro de agua.

En otro pozo abierto en una propiedad del Sr. Spotormo, bajo la direccion de D. Bartolomé Cárceles, bajó la sonda á una profundidad de 142^m50, habiéndose invertido poco más de cuatro meses, empezándose los trabajos con cuatro peones, y acabándose con ocho y el capataz, no habiendo ascendido su coste total más que á 10.000 reales.

La perforacion empezó por una capa de tierra colorada, á la que siguió una caliza arenisca con algo de arcilla, hasta la profundidad de 32 metros; á ésta seguia una capa arenosa acuífera, de 75 centímetros de espesor, aunque no ascendente; continuó luégo el mismo terreno anterior hasta la profundidad ya dicha de 142^m50, á la que no habiéndose encontrado aguas surtidoras, se abandonó el sondeo y se entubó el pozo hasta la capa arenosa acuífera.

En Murcia se empezó á abrir el primer pozo el 21 de Abril de 1870 en una propiedad de D. Gabriel Roca, con tal acierto, que á los nueve dias brotó el agua sobre la superficie del suelo. Este feliz resultado estimuló de tal suerte á los agricultores, que son ya cerca de noventa



los que existen en aquella huerta. El Sr. Rebagliato ha abierto otro en Orihuela.

No habiéndose tomado en el primer pozo la precaucion de ponerle tubería de revestimiento, se inutilizó al poco tiempo; pero se abrió otro á muy corta distancia, teniendo un resultado satisfactorio.

Los pozos abiertos desde la distancia de dos kilómetros al levante de Murcia hasta los confines de la huerta de Orihuela, han suministrado aguas ascendentes, habiéndose observado que no aparecen éstas en sitios muy próximos al guifero del rio, ni en la zona situada más arriba de la ciudad, ni en esta misma. Sin embargo, parece que el constructor Sr. Cárceles ha practicado con éxito algunos sondeos á ménos de 100 metros de la márgen del Segura.

La profundidad media de los pozos perforados es de unos 35 metros, y su coste aproximado, incluyendo la tubería de revestimiento, es de 7 á 8.000 reales, ó sea á razon de 214 reales por metro de taladro revestido.

El primer pozo abierto en Valencia es el de la fábrica de mosaicos del Sr. Nolla, situada próxima á la ciudad.

En la operacion se invirtió un mes, y las aguas brotaron á la superficie del suelo el 1.º de Octubre de 1876.



La constitucion geológica del suelo es igual que la de Murcia.

El ayuntamiento de Málaga mandó abrir en 1859 un pozo absorbente con objeto de dar salida á las aguas encharcadas en los tejares de dicha ciudad, cuyas emanaciones se consideraron nocivas á la salud pública.

Abierto el pozo por el procedimiento ordinario de sonda rígida, se atravesó una capa de $43 \frac{1}{2}$ metros, de naturaleza arcillosa, variando desde la arcilla blanda al barro azul de los tejeros.

En lugar de la capa absorbente que se buscaba, se encontraron á dicha profundidad aguas artesianas, de una fuerza ascensional de dos metros sobre el nivel del suelo. Revestido el taladro con una tubería de cobre de ocho centímetros de diámetro, se utilizan sus aguas por medio de cañerías al efecto.

La cantidad de agua que suministra es muy variable segun las estaciones, llegando á interrumpirse el salto sobre la superficie del suelo en los veranos muy secos.

En la plaza de la Victoria de la misma ciudad se abrió un nuevo pozo, llegándose á la profundidad de 123 metros sin resultado, abandonándose la operacion despues de haber bajado la sonda hasta 40 metros dentro de las pizarras que sirven de asiento á las arcillas terciarias.



En Figueras y otros puntos de la provincia de Gerona se han abierto algunos pozos por los Sres. Boma y Compañía, encontrando aguas surtidoras á una profundidad de 130 metros.

En Alcalá de Chisvert, provincia de Castellon, se está llevando á efecto la perforacion de un pozo por iniciativa del Sr. Vilanova.

Los procedimientos empleados para la perforacion de los pozos artesianos ofrecen caracteres sumamente variados, en virtud de las numerosas é importantes modificaciones de que han sido objeto en la práctica moderna, de los que daremos una sucinta idea.

El método chino, ó de varilla y cuerda, está fundado en el uso de una masa cilíndrica, constituida por un sólo trépano ó por varios, formando un haz dentado, y obrando por percusion, presenta el inconveniente de no dar con facilidad un taladro recto y sin desigualdades. Cuando el útil encuentra resistencias desiguales en las sucesivas percusiones, se produce fácilmente una desviacion en la direccion del eje, que puede imposibilitar la colocacion ulterior de la tubería. Además, los fragmentos de roca desprendidos de las capas superiores, y la adherencia de la tierra al útil, exigen esfuerzos de traccion, que con frecuencia ocasionan la ruptura de la cuerda, y hacen indispensable recurrir al em-



pleo de la sonda rígida para la reparacion de la avería. Estos inconvenientes han limitado mucho el uso del empleo del método de varilla y cuerda.

La sonda ordinaria ó rígida se compone del mango, el vástago y el operador.

El mango sirve para sostener todo el cuerpo de la sonda, que á su vez está suspendida por medio de una cuerda, cable ó cadena que pasa por la polea de la cábria, ó se sujeta al extremo de un balancin ó palanca á propósito, para que pueda comunicar al aparato un movimiento rectilíneo alternativo. Está constituido el mango por una barra de hierro, que termina por su parte superior en un anillo giratorio, debajo del cual hay practicados dos agujeros formando un ángulo recto, para que en ellos puedan introducirse dos palancas cuando haya que comunicar á la sonda un movimiento de rotacion; por la parte inferior se empalma el mango directamente con el vástago.

Este está formado por una série de varillas de hierro, empalmadas por sus extremos, generalmente á rosca, y cuyo diámetro varía, segun las dimensiones que se le quiere dar al pozo. Para sondeos de 6 á 7 centímetros de diámetro y 20 metros de profundidad suelen emplearse varillas de 0m025 de grueso; para un diámetro de un decímetro y una profundidad de 150



metros, se usan varillas de 0^m035, y hasta de 0^m045 para profundidades mayores. La longitud de cada trozo de varilla varía de 3 á 6 y 8 metros.

El útil ú operador de la sonda afecta formas diferentes, segun la clase de trabajos á que se destina. Cuando se aplica á la perforacion de la roca dura, está constituida por un trépano ó cincel; por barrena, cuando el aparato actúa con movimiento giratorio; para las operaciones de limpia y extraccion de los detritus del sondeo, se usa un cilindro hueco, provisto en su parte inferior de una válvula plana ó esférica, segun la plasticidad de los terrenos que se atraviesan; para calibrar el taladro se emplean útiles apropiados, á los que se imprime un movimiento de rotacion; y para la reparacion de las averías por rotura de la varilla, se usan los útiles de extraccion ó arrancadores, que tienen la forma de unas fuertes pinzas de resorte, ó bien una forma acampanada, en cuyo interior hay una rosca con filetes de acero, que sujeta la extremidad rota de la varilla, dándose un movimiento de rotacion al aparato. Por último, la forma del útil varía segun los usos, la naturaleza del terreno, y hasta segun el ingenio del director del sondeo, el cual, puesto en lucha con la infinita variedad de accidentes imprevistos



que ocurren en la práctica, se ve muchas veces obligado á inventar nuevos medios con que hacer frente á las contrariedades del momento.

Antes de empezar á funcionar la sonda, suele abrirse previamente un pozo de un radio suficiente para permitir la función del aparato, y de una profundidad variable, según el espesor de la capa vegetal y compacidad del subsuelo. Algunas veces se llega á una profundidad de 8 y 10 metros. Se reviste interiormente de ladrillo ú otro material apropiado, con objeto de evitar los derrumbamientos, y en su fondo se dispone un suelo de madera con un orificio en el centro, de un diámetro algo mayor que el que ha de tener el taladro.

La maniobra de la sonda varía con la clase de trabajo que se quiere ejecutar, y con la importancia del sondeo; cuando el trépano actúa á profundidades menores de 10 metros, podrá levantarse la sonda á mano por medio de un balancin de tirantes; y para profundidades mayores será necesario recurrir á cábricas, tornos de escape, ruedas de levas, etc., etc., movidas á mano ó por medio de una máquina de vapor.

El empalme y desarme de la varilla rígida para las diferentes operaciones del sondeo, y los accidentes normales en esta clase de obras, dan lugar á una pérdida considerable de traba-



jo, que aumenta en una relacion creciente con la profundidad; así es que el precio del metro corriente aumenta en la misma relacion.

El desmoronamiento de las capas de arena y de los terrenos poco compactos que se atraviesan con la sonda, obstruyen el pozo y dificultan la operacion. Tanto por esta causa, como por la necesidad de facilitar al ascenso de las aguas un conducto impermeable que impida la dispersion de éstas á traves de las capas permeables que suelen encontrarse á diferentes profundidades, se hace indispensable el revestimiento del pozo por medio de una tubería. Esta puede ser provisional ó definitiva. La primera, de simple contencion, tiene sólo por objeto evitar el desmoronamiento durante la operacion del sondeo; la segunda, aislar la columna de agua ascendente, una vez terminado el pozo.

El material generalmente empleado para la construccion de tubos es el hierro fundido y la plancha de cobre. A los tubos se les da generalmente un diámetro exterior algo menor que el del pozo, y aunque suelen introducirse dándoles un movimiento de rotacion, ha de procurarse que tengan un espesor suficiente para poder resistir, caso necesario, la introduccion á golpe. La longitud suele ser de dos metros.



Cuando se encuentra una capa desmoronable, se introduce la tubería hasta el fondo del pozo, y se continúa la perforación con un diámetro inferior de dos centímetros al de los tubos anteriores. Si á mayor profundidad se reproduce el mismo fenómeno, se puede proceder á una segunda entubación de menor diámetro que la anterior, ó bien, conservando las dimensiones de la última parte del pozo, se puede ir bajando la misma tubería.

En general, cuando se establece una segunda tubería de menor diámetro, su longitud suele ser la total del taladro, de modo que recubra por completo la primera.

La entubación definitiva para la conducción de las aguas ascendentes debe hacerse con mucho esmero, procurando una impermeabilidad completa; puesto que los defectos de entubación, además de facilitar en ciertos casos la incorporación á la columna ascensional de aguas de mala calidad, procedente de los terrenos superiores, pueden disminuir el nivel de las aguas surtidoras, y hasta imposibilitar su ascensión á la superficie del suelo.

El procedimiento ideado por Mr. Fauvelle de la sonda hueca, fue aplicado por primera vez en la perforación del pozo artesiano de la plaza de Santo Domingo de Perpiñan, en el



cual se encontró el agua surtidora á una profundidad de 170 metros.

El aparato consiste en una sonda hueca, formada por una série de tubos unidos á rosca, y cuya extremidad inferior sustenta el útil. Este tiene un diámetro mayor que el tubo general de sonda, con objeto de dejar un espacio anular entre el mismo y las paredes del pozo, por el que puedan encontrar salida los detritus de la operacion, mediante una corriente de agua que se inyecta en el interior de dicha tubería. La extremidad superior de la sonda comunica con una bomba de inyeccion por medio de un tubo flexible, de longitud suficiente para que pueda acompañar á la sonda en su movimiento alternativo de ascenso y descenso. El útil actúa por percusion y rotacion, como en el método de varilla rígida, y la maniobra para ambos procedimientos sólo difiere en las modificaciones introducidas por el uso de la bomba impelente.

Por medio de ella se produce una corriente continua de agua de arriba abajo por el interior de la sonda, y otra inversa por el espacio anular exterior, destinada á extraer las partículas resultantes del sondeo. Segun Mr. Fauvelle, cuando se encuentran gravas ó guijo, es preferible inyectar el agua por el espacio anular y hacerla ascender por el interior de la sonda. Por



este medio ha podido determinar el ascenso de fragmentos de 0^m.06 de longitud, por 0^m.03 de diámetro.

La gran ventaja de este procedimiento consiste en la facilidad de limpiar el pozo sin tener que sacar la sonda. Posee además la de que el útil perforador no se embota, y la de dar lugar á menores derrumbamientos.

CAPÍTULO IV.

Desecamientos.—Su utilidad.—Principales medios de efectuarlo.—Canal de cintura.—Pozos de sonda.—Entarquinamiento.—Desecamientos en Holanda.—Molinos de viento.—Lago de Harlen.—Proyecto de Leeghwater.—Máquinas de vapor y bombas.—Resultado de estas operaciones.—Desecamientos en Inglaterra.—Lagunas de Ferrara.—Lagunas Pontinas.—Desecamiento del lago Fucino.—Trabajos de los romanos.—Su resultado.—Nuevas empresas.—Saneamiento y desagüe de los terrenos.—Marismas.—Cultivo de los Navazos.

La desecacion y saneamiento de las tierras, es no sólo útil á la agricultura, sino que ofrece otro interes mayor, si lo consideramos bajo el punto de vista de la salud pública. Reconocidos son por todos los fatales efectos de la perniciosa influencia de las aguas estancadas en los pantanos, donde en ciertas épocas, los residuos de los vegetales descompuestos bajo la doble ac-



cion del calor y la humedad, dan origen á esos miasmas pestilentes, que llevan á grandes distancias la desolacion y la muerte.

Entre los pueblos antiguos se encuentran pocos ejemplos de grandes operaciones de desecacion. La importancia de este género de trabajos no les era desconocida, pero en la mayor parte de los casos, los medios de que disponian para efectuarlos eran insuficientes. Para desecar un pantano de alguna extension, tenian necesidad de emplear un ejército de trabajadores, de los que la mayor parte sucumbian por las pestilentes exhalaciones del terreno. En nuestros dias, por el contrario, en muchos casos los motores inanimados realizan la mayor parte del trabajo, de tal modo, que las empresas de desecacion están consideradas como las más lucrativas de las que se relacionan con la agricultura.

Los métodos de desecacion varían por una multitud de circunstancias, y en la imposibilidad de indicarlas todas, citaremos los que se aplican más generalmente.

Cuando el fondo de un pantano está á un nivel más bajo que todos los puntos que le rodean á una gran distancia, el empleo de máquinas es indispensable y necesario el establecimiento de un canal de cintura, á un nivel más elevado, que recoja las aguas de la superficie y



las que tienden á afluir sobre el pantano, haciendo posible un desagüe natural.

Las máquinas vierten en este canal las aguas que elevan de las partes más bajas.

En una gran parte del litoral del canal de la Mancha y del Océano se extienden inmensos pantanos, cuyo nivel está comprendido entre el de las altas y bajas mareas. Tales son los pantanos de Carentan.

Para poderlos desecar se han hecho obras de distinta importancia, destinadas á impedir la introduccion del agua en las altas mareas. El desagüe se hace, durante la baja mar, por medio de compuertas ó paraderas.

Cuando el lecho impermeable del pantano descansa sobre un lecho permeable y absorbente, se puede procurar la desecacion sin recurrir á las máquinas ni á la abertura de canales, perforando el lecho impermeable por dos ó tres pozos de sondas.

En la *Gatinais*, un pantano de bastante extension fué desecado por este procedimiento. En los *Paluns*, pantanos próximos á Marsella, existen pozos naturales que los desaguan, y llevan el nombre de embudos.

En algunas circunstancias particulares se puede elevar la superficie del terreno por sí mismo sobre el nivel de las aguas por terraple-



nes sucesivos. A esta operacion la llaman en Italia *Colmatage*, y se emplea en grande escala, haciendo depositar en las partes que se tratan de terraplenar las piedras y materias más sólidas que los torrentes y rios arrastran con trabajo en sus corrientes. Procedimiento que se conoce entre nosotros por el de entarquinamiento.

En las costas del Océano se han producido rellenamientos de terrenos bajos por medio de las aguas turbias cargadas de limos muy fértiles que los rios en sus altas mareas llevan en sus ondas y depositan en su desembocadura.

Cualquiera que sea el origen de las aguas empleadas, todas las operaciones de terraplenamientos consisten en hacerlas llegar sobre el terreno lo más despacio posible, á fin de darles tiempo de depositar las partes sólidas, dando salida despues á las aguas claras para repetir la operacion.

El terreno que se trata de rellenar se cerca de una especie de dique cortado por un lado, que comunica con el canal de entrada, y por la parte baja por una abertura guarnecida de puntas que forman una presa provisional que comunica con el canal de desagüe. Estas puntas deben estar dispuestas de manera que se puedan elevar sucesivamente para verter las aguas claras.



Para los rios de marea, la operacion es más complicada: se establecen diques de cintura penetrados por canales esclusas, provistos de compuertas flotantes con manubrios para dejar entrar las aguas turbias en las altas mareas, y salir las claras en las mareas bajas.

Una gran parte del suelo de Holanda, situado á un nivel más bajo que el mar, parecia fatalmente condenado á ser presa de las aguas, si el hombre, amenazado en su existencia, no hubiera luchado con energía contra el invasor elemento, disponiéndose á triunfar. El agua recogida en innumerables canales, establecidos con un arte prodigioso, deja de ser un temible enemigo para convertirse en uno de sus más útiles auxiliares; sujeta por los diques construidos al efecto, sigue el curso que se le ordena, y convierte en campos cultivados y en fértiles praderas el suelo conquistado. Mas estos ricos prados, producto de tantos esfuerzos, obligan á la defensa de otro género de inundaciones, cual es la dificultad natural de dar salida á las aguas en las partes bajas que están á un nivel inferior al de los canales.

Los holandeses confieren á los molinos de viento la importante mision de hacer funcionar las bombas ó los tornos destinados á elevar las aguas para verterlas en los canales de desagüe.



En 1840 se contaban en Holanda más de 2 500 molinos de viento, consagrados á la elevacion de las aguas; esta cifra indica los inmensos servicios prestados por esta modesta máquina, que toma su movimiento de un motor natural sin gasto alguno.

En los nuevos desecamientos emprendidos últimamente, este auxiliar tan útil y económico ha sido pospuesto al vapor, á causa de la propiedad que posee este último motor de poderse establecer en todas partes, de obrar sobre un punto determinado con una fuerza tan considerable como se desee, y por último, poder trabajar sin interrupcion.

Bajo la poderosa y continúa accion del vapor se ha visto desaparecer como por encanto el gusano roedor del país neerlandes, el lago de Harlem, esta inmensa capa de agua que cubria más de once leguas de terreno, en el que habian sido sumergidos algunos pueblos, y en el que los buques mercantes zozobraban en medio de la tempestad. En el día se puede atravesar en coche por todas partes el fondo del lago, transformado en praderas, en medio de las cuales se divisan las torres de numerosos pueblecitos.

El mar de Harlem estaba formado de cuatro lagos que se agrandaban año por año, hasta que acabaron por reunirse en 1647, y ocupar una



extension de más de 14.000 hectáreas. Los holandeses, que nunca desearon más agua que la que habían conocido desde los primeros tiempos, miraban con desagrado el acrecentamiento sucesivo de los lagos, y varias veces pensaron en ponerle remedio.

El primer proyecto de importancia en este sentido se debió al ingeniero Leeghwater, cuyo nombre hizo célebre. De simple obrero, emprendió sucesivamente las diversas profesiones de carpintero, escultor y mecánico, habiéndose dado á conocer por el desecamiento de una hornaguera situada cerca de su casa, le encargaron como director del desecamiento de un gran pantano, el *Beemster*. Esta operacion, llevada rápidamente á buen término, gracias á su actividad y espíritu inventivo, le hizo concebir la atrevida idea de desaguar el mar de Harlem y dejarlo seco.

En 1640 expuso su plan y los medios para llegar al objeto en un folleto que fué reimpresso tres veces, pareciéndole á muchos la obra quimérica de un soñador. Por medio de bombas movidas por 140 molinos de viento, distribuidos por toda la longitud de un vasto canal de cintura, esperaba poder devolver al Océano en algunos años todas las aguas del lago, y ofrecer á la agricultura la inmensa superficie que ellas



cubrían. El gobierno lo rechazó, asustado ante los gastos que debían ocasionar la ejecución de tal proyecto, y el pobre *Leeghwater*, después de algunos viajes al extranjero, volvió á Holanda, donde murió á una edad muy avanzada y en un estado miserable.

Mientras tanto las invasiones del lago continuaban, el viento, la lluvia, la tempestad, todo ello le daba ocasión para ensanchar sus orillas. En el mes de Noviembre de 1836, las aguas impelidas por un violento viento del Oeste, se lanzaron por cima de los diques y llegaron hasta las puertas de Amsterdam. Este acontecimiento decidió de la suerte del mar de Harlem. El lago había amenazado á Amsterdam, y esta ciudad dijo al lago: «Tú desaparecerás.»

En 1840 se formó el proyecto de *Leeghwater*, modificándolo en lo relativo á la enorme cantidad de agua que se necesitaba elevar. El lago no contaba ménos de 700 millones de metros cúbicos, sin contar las aguas que recibiera durante el tiempo de la duración de los trabajos.

En vista de una situación tan amenazante, era necesario recurrir á medios enérgicos.

Los molinos de viento, que prestan un gran servicio en los desecamientos ordinarios, no podían aquí dar resultado, en razón de la irregular-



ridad y poca duracion de su movimiento. Á pesar de la enorme diferencia de gastos que habia de ocasionar, era necesario recurrir al empleo del vapor, pues sólo por medio de él podia desarrollarse la fuerza necesaria en un tiempo dado para llegar á un feliz término de la empresa.

Una vez arreglado el proyecto, no se hizo esperar la ejecucion. Encargaron á Inglaterra una máquina de fuerza de 350 caballos, á la que los holandeses, por gratitud, le dieron el nombre de Leeghwater.

Á esta primera máquina siguieron otras dos: la *Craquijs*, que situaron cerca de Harlem, y la *Lijnden*, cerca de Amsterdam.

Cada una de estas máquinas hacía funcionar ocho bombas, de un diámetro de más de metro y medio. Las aguas elevadas por estas bombas vertian en un vasto canal de cintura que las conducian al mar.

Las tres máquinas se pusieron en movimiento en 1848, y cinco años despues el lago de Harlem habia desaparecido.

El gasto total ocasionado se elevó á 19 millones de francos.

No puede ménos de sentirse una noble emocion de orgullo ante este grandioso espectáculo, del triunfo de la voluntad humana. Una inmensa extension que no comprende ménos de 18.000



hectáreas, se encuentra por todas partes sometida á la inteligente actividad del hombre, transformando el suelo conquistado en campos sembrados y fértiles praderas. La máquina que ayudó al hombre en esta pacífica conquista se halla en su punto para defenderle de nuevas invasiones.

Esta tierra vírgen no sabe aún ni absorber el agua ni dejarla disolver en vapor; en una palabra, ni la toma ni la deja. En tiempos de lluvia se inundaría de nuevo si la *Leeghwater* no viniera prontamente en su ayuda, y mientras las nubes vierten sus aguas, ella las revierte en el canal; en el estío no sería más que un árido desierto, si, por el contrario, la máquina no tomara del canal la que es necesaria para el riego.

Despues de la desecacion del lago de Harlem, los holandeses emprendieron la del *Zuid-Plas*, que aunque siendo importante, presentaba grandes dificultades por la profundidad de las aguas, que, hay necesidad de elevar á más de seis metros para verterlas en el canal de cintura.

Este desecamiento que se ha llevado á cabo por medio de máquinas de vapor, ha costado relativamente ménos que el de Harlem, pues no se han invertido más que tres millones por una superficie de 4.000 hectáreas.



Otros trabajos de esta índole se han emprendido posteriormente, de los que no citaremos sino los más importantes. El que tiene por objeto conquistar del *Escant* un vasto *polder* de una extensión de 14.000 hectáreas, y el desecamiento del *Zuiderzee*, que comprende una superficie de 195.000 hectáreas, y cuyo presupuesto para tan gigantesca obra se eleva á 106 millones de florines, ó sean más de 220 millones de francos.

En Inglaterra, los desecamientos por medio de las máquinas de vapor se efectúan hace ya algunos años en una vasta escala, y ha llegado á ser una operación de las más comunes en la agricultura. En el *Lincolnshire*, las máquinas de vapor ascienden á 90 próximamente, de una fuerza variable entre 15 y 80 caballos. La extensión de la superficie desecada pasa de 90.000 hectáreas.

Como en Holanda, las máquinas no sirven solamente para efectuar el primer desecamiento; sirven también para extraer las aguas de lluvia que no desaparecen por la evaporación.

Bajo el clima húmedo de Inglaterra, esta cantidad es por término medio de 500 metros cúbicos por hectárea y por mes. Una máquina de 10 caballos elevaría esta masa de agua á tres metros de altura en cuarenta minutos, de modo



que, una máquina de esta fuerza, trabajando 12 horas al día, puede desecar 540 hectáreas próximamente.

Para la desecación de las lagunas de Ferrara, de una extensión de 51.000 hectáreas, se han empleado ocho colosales bombas centrífugas, construidas por Gwynne, que elevan cada una 4 $\frac{1}{2}$ metro cúbico por segundo, á una altura media de 7 $\frac{1}{4}$ piés, vertiéndola al río Volano, en Cadigoro, punto donde están situadas.

Este resultado fabuloso es digno de ser estudiado, pues puede ser aplicado para el riego en grande escala, quizás con preferencia á otros procedimientos.

Las lagunas Pontinas están situadas en la campiña de Roma, cerca del mar, y ocupan una extensión de casi ocho leguas de largo y dos de ancho. En otros tiempos, este país estaba cubierto de ciudades florecientes, pero como el fondo es un poco bajo y entran en él por todas partes las aguas y arenas de las montañas, ha llegado el caso de que, por la sucesión del tiempo y descuido de los hombres, han perdido las aguas sensiblemente el declive necesario para correr, y forman pantanos, cuyas exhalaciones son tan fuertes que se miran como una de las causas principales del aire malsano que se respira en Roma durante los calores del estío,



aunque aquella ciudad dista cerca de 14 leguas de las lagunas Pontinas; opinion que reinaba en tiempo de Plinio. *Clodio Appio* hizo construir un camino al traves de dichas lagunas, y muchos canales para procurar la corriente de las aguas, 310 años ántes de la Era Cristiana. Estos trabajos tuvieron un resultado mediano y pasajero. Julio César formó proyectos más vastos para desecarlas del todo; Augusto principió á ponerlos en ejecucion; Trajano hizo empedrar la vía Appia, y construir muchos puentes. Si este proyecto se hubiese continuado con más actividad, se hubiera conseguido destruir, ó al ménos disminuir considerablemente el mal, que se aumentó durante la decadencia del Imperio Romano: posteriormente los Papas lo han intentado várias veces; Mr. Prony formó un proyecto para desecarlas, y por último, se han hecho plantaciones de *Eucaliptus* que absorban la humedad y atenúen las emanaciones palúdicas.

De todas las obras de desecacion acometidas por los antiguos, la más importante es sin duda la del lago Fucino, que está situado al fondo de un terreno, elevado unos 700 metros sobre el nivel del mar, en el centro de la cadena formada desde los Apeninos con los Abruzos, rodeado de altas montañas, recogiendo las aguas



de muy dilatadas vertientes, y está privado de derrame natural.

Por su posicion, el nivel de sus aguas está sujeto á grandes variaciones; cuando á las fuertes lluvias sigue el derretimiento de las nieves, se eleva en algunas ocasiones de una manera rápida, para no descender sino por la evaporacion, debida á la accion del sol y de los vientos. Hasta 15 metros llega la diferencia mayor entre sus altas y bajas aguas.

A consecuencia de unos cuantos años lluviosos, eleváronse aquellas, invadiendo terrenos cultivados desde remotos tiempos y anegando casas y hasta pueblos enteros.

Estas catástrofes les hicieron pensar en remediar estos males y someter á la agricultura esta vasta extension de tierra, procurando á las aguas una salida artificial.

A los romanos se debe la gloria de haber intentado una obra verdaderamente colosal, en razon de los medios de ejecucion de que ellos disponian.

Emprendieron la abertura de un subterráneo de más de 6.000 metros de longitud, á traves de una montaña elevadísima, compuesta de roca muy dura y de arcilla movediza.

Treinta mil hombres se emplearon, durante diez años, en la ejecucion de estos trabajos,



cuya direccion fué confiada por el emperador Cláudio á su liberto Narciso.

Treinta y dos pozos, de una profundidad variable entre 20 y 130 metros, se abrieron en la roca.

Pequeñas galerías inclinadas estaban dispuestas para facilitar la entrada de los obreros y la salida de las materias de las excavaciones. Gracias á estos trabajos accesorios, se hizo la galería principal con una longitud de 5.600 metros, por dos de ancho y cuatro de alto.

Para esta clase de trabajos, los romanos no tenian, como nosotros, ni la pólvora ni las máquinas de vapor. Para atacar las rocas de mayor dureza no empleaban otros útiles que los primitivos, el pico y el martillo. Así es, que se les presentaban dificultades que asombra su vencimiento. En nuestros dias, el perforamiento del monte Cénis, en una longitud y una seccion tres veces más considerable, ha exigido ménos tiempo y un gasto incomparablemente menor.

A pesar de las dificultades de todo género y de los errores groseros en la pendiente y trazado debidos á la falta de instrumentos de precision, la obra fué terminada, y el liberto Narciso dejó abierta de un extremo á otro la galería que debia dar paso á las aguas del lago, que recibió el nombre del *Emisorio* de Cláudio. Una



fatal catástrofe causó la ruina de estos gigantes-cos trabajos.

Cláudio, seducido por la idea de hacer desaparecer el lago á su voz, habia organizado una fiesta espléndida, sobre el agua, á la cual asistia la emperatriz Agripina. Terminada la fiesta, los diques que separaban al lago del *Emisorio* se abrieron bruscamente y las aguas se precipitaron con tal furia, que destruyeron gran parte de los trabajos. El hundimiento de la entrada de la galería fué un obstáculo á la salida de las aguas.

Tal fué el temor ocasionado por esta catástrofe, que la empresa fué abandonada, y despues de bastantes siglos nadie habia pensado en volver á emprender la obra de los romanos.

En 1835, el director general de puentes y calzadas del reino de Nápoles, M. A. de Rivera, estudió de nuevo esta importante cuestion; por su órden, el subterráneo fué limpiado, y los sitios desmoronados, sostenidos por fuertes entibaciones. Concluidos estos trabajos preparatorios, publicó una interesante memoria sobre los medios que debian emplearse para la restauracion del *Emisorio* y la desecacion del lago.

Ningun resultado tuvieron estos propósitos: el subterráneo continúa llenándose de escombros y muchas partes se destruyen de nuevo.



En 1852 se le concedió la empresa á un francés, M. de Agiout. Despues de nuevos estudios se reconoció la necesidad de dar á la galería 4 metros de anchura y 6 de altura, á fin de poder, con una pendiente suave, desaguar 3 millones de metros cúbicos por dia, y secar así el lago en dos ó tres años, dirigiendo cada año un millar de millones de metros cúbicos al rio Liris, cuyas aguas corren á unos 22 metros más bajas que el punto más profundo del lago.

Este ocupa una superficie de 15.000 hectáreas, y su mayor profundidad es de 20 metros. Su contenido es tres veces mayor que el del lago de Harlem.

Los últimos trabajos ejecutados tienen por objeto, no sólo la restauracion del *Emisorio*, sino el establecimiento de un gran canal de desecacion de 10 kilómetros de longitud.

En los ejemplos que dejamos citados se encuentran establecidos los procedimientos directos de desagüe y por elevacion; aquél es el que debe preferirse siempre que de las nivelaciones que se practiquen para el acometimiento de estas obras resulte que hay un recipiente natural donde verterlas, y cuyo nivel sea menor que el del fondo del terreno que se trata de desecar. En este caso, la construccion de un canal directo es lo más sencillo y ménos costoso. Si el



desagüe se hiciese á una vía fluvial ó marítima, cuyas aguas pudieran alcanzar alguna vez la altura de aquél, ya por las corrientes ó por las mareas, en este caso sería necesario el establecimiento de esclusas que permitieran la salida del agua del recipiente en las bajas, é impidieran la entrada cuando éstas suben.

A más del entarquinamiento y los pozos de sonda ó absorbentes, hay tambien otros procedimientos para sanear los terrenos.

Por medio de zanjás abiertas, se puede dar salida á las aguas superficiales que se acumulan en un terreno, ya procedan de manantiales, ya se hayan reunido despues de haber corrido por la superficie de las vertientes que confluyen al punto en que dichas aguas se encharcan.

Cuando son subterráneas las aguas que necesitamos dar salida, bastará abrir zanjás desde los puntos donde se encuentren hasta otro más bajo que permita el desagüe.

Si las aguas subterráneas se extienden por una capa permeable del subsuelo, que descansa sobre otra impermeable, y aquellas ascienden á la superficie por la acción de la capilaridad, produciendo encharcamientos, se puede conseguir el desagüe abriendo una zanja á profundidad de la capa inferior, y cuya pendiente facilite el movimiento del líquido y su salida al exterior.



Cuando el agua subterránea aparece á la superficie en una grande extension, no es suficiente el método anterior, puesto que serian numerosas las zanjás con que habria que cruzar el terreno, haciéndose necesario la construccion de tajeas, siendo éstas de várias clases. Abierta la zanja del ancho y profundidad convenientes á las circunstancias del terreno, se rellena su fondo de piedras irregulares ó de grava, ó con faginas de ramajes, cubriendo luégo la zanja con la misma tierra sacada de ella.

Estos procedimientos, bastante conocidos y aplicados, tienen el inconveniente de su poca eficacia despues de algun tiempo. La fagina se destruye pronto, y el relleno de piedras opone constantes obstáculos al agua, disminuyendo su velocidad, y en ambos casos, las tierras que las aguas llevan en suspension, ó la que se desprende de la capa superior del relleno, obstruye lentamente los intersticios que dejan los cuerpos filtrantes, pudiendo llegar á obstruirse por completo el paso de las aguas.

Otro procedimiento consiste en colocar en el fondo de la zanja tejas ó cobijas de barro en forma de bóveda, cubriendo despues la zanja.

El drenaje está considerado como el mejor de los sistemas de desagüe ó saneamiento de los terrenos húmedos, y consiste en la colocacion



de cañerías de barro á cierta profundidad y ramificadas con direccion á las pendientes, siendo el diámetro de la cañería principal tanto mayor cuantas más ramificaciones haya que establecer.

El aprovechamiento de las marismas constituye otra forma de saneamiento muy importante por la extensa escala en que puede aplicarse.

Estas ofrecen por lo regular en aguas bajas el aspecto de terrenos [pantanosos, accidentados por los aterramientos, el depósito de plantas marinas, arrancadas en momentos de grandes convulsiones, y otras veces por la resistencia que el mar opone al desagüe de una corriente fluvial cargada de légamos.

Esos terrenos, que en muchos puntos ostentan á veces vigorosa vegetacion, aunque propia de sus condiciones salinas, pueden ser dedicados de un modo permanente y provechoso al cultivo, impidiendo el acceso de las aguas, desecándolos y desalándolos á la vez.

Para impedir la inundacion de las marismas por el flujo de las mareas, se construyen diques de tierra ó malecones en la línea más alta de ellas. Estos diques deben tener un talud muy tendido, á fin de que la accion de la marea sea ménos sensible sobre el obstáculo que se le opone.

Una vez defendido el terreno contra la inva-



sion de las aguas de las mareas, se procede al saneamiento por medio de un canal ó zanja á su alrededor, situado á una altura mayor que el nivel de las altas aguas, y que impida la entrada en la marisma de las que por su exterior afluyen, conduciéndolas á los puntos más bajos para su desagüe; la tierra de la misma zanja se emplea para dique por su parte interior.

La desecacion de las aguas que contenga la marisma y las que recibe de las lluvias, puede hacerse recogiendo todas en el punto más bajo, y por medio de un canal en direccion al mayor desnivel, darles salida durante las bajas mareas por medio de la tajea que atraviase el dique, donde una válvula que se abra de dentro á fuera permitirá la salida de las aguas é impedirá su entrada en las altas mareas.

Claro es que este procedimiento es aplicable en cuanto el desnivel lo permite, pues en otro caso hay necesidad del empleo de máquinas elevadoras, cuyos procedimientos hemos ya descrito.

Para el desalamiento de los terrenos se emplean varios medios, segun de los que se disponen más fácilmente y las condiciones de los mismos. Por la submersion completa del terreno con aguas dulces, aprovechando para ello las que se recogen en el canal exterior; por me-



dio del entarquinamiento, de desagüe subterráneo por medio de zanjás, por medio de las aguas torrenciales dirigidas sobre el terreno, procedimiento que participa de submersion y entarquinamiento á la vez; por medio del cultivo del arroz, y por el empleo de abonos orgánicos que neutralicen el efecto de las sustancias salinas. El empleo de cada uno de estos métodos ya hemos dicho que depende de las condiciones y medios de que se dispone.

Otro medio de aprovechamiento de terrenos es el del cultivo de las playas ó arenales, del que no podemos dar mejor idea que transcribiendo lo que dice sobre los *navazos* de Andalucía el ingeniero de montes D. Salvador Ceron:

«Desde la desembocadura del Guadalquivir hasta Rota, tocando en Bonanza, Sanlúcar y Chipiona, se extiende á lo largo de la costa una zona de terreno de unos dos y medio kilómetros de anchura, compuesto en su mayor parte de arenas voladoras de grano sumamente fino, que por su poca cohesion son arrastradas con frecuencia por los vientos fuertes, y forman pequeños cerros aislados, llamados *algaidas* ó *méganos* y *dunas*. (1)

»Dicho terreno, aunque interrumpido por la

(1) Voz tomada de nuestras historias de Flandes.



arcilla azulada y la caliza fosilífera, debe en general su origen á los depósitos postpliocenos, acarreados por el Guadalquivir. Su mayor desarrollo corresponde á la zona lateral, de unos tres kilómetros de longitud, que se extiende desde el castillo del Espíritu Santo hasta el puerto de Bonanza. En este espacio de tierra hubo de formarse en otro tiempo una cordillera de méganos que, puesta en activo movimiento por el violento impulso de los vientos del O., amenazaban sepultar todo el barrio bajo de la ciudad, como ya habia sucedido con una calle entera. Considerábase el mal como irremediable, por haber sido infructuosas cuantas medidas se habian adoptado para atajarlo, cuando un hecho casual dió á conocer un medio sencillo é indirecto, no sólo para sujetar de una manera sólida y permanente aquellas movedizas arenas, sino también para convertir aquel terreno tan estéril en fértil. Las huertas, que reciben en el país el nombre de *navazos*:

» En el año de 1742, la miseria producida por la falta de lluvias y la escasez de trabajo, sugirió á varios braceros del campo la idea de poner en cultivo los méganos de la costa, con objeto de obtener algunos frutos para sustentar á sus necesitadas familias. Abrieron á este fin algunos hoyos en medio de los cerros de arena,



profundizaron la excavacion de la superficie elegida hasta medio metro sobre el nivel del agua subterránea, y formaron alrededor de la misma, con la tierra extraida, unos vallados muy altos. Cultivaron despues el terreno así dispuesto, y con gran asombro de todos, se obtuvieron resultados altamente satisfactorios, fundamento del cultivo por medio de *navazos*, que desde entónces adquirió gran desarrollo.

» El procedimiento que en dicho cultivo se emplea es el siguiente: Despues de formar una segunda planicie, cerrada y resguardada por el vallado construido con las mismas arenas extraidas, se abre por la parte inferior de éste, y todo alrededor de la planicie una zanja, cuya profundidad llega hasta el mismo nivel del agua subterránea, y á veces algunas otras que atraviesan la planicie, para que por ellas puedan correr, tanto las aguas propias, ó sean las que allí mismo se originan, como las que proceden de las lluvias. Estas aguas corren y convergen hácia un centro comun, que consiste en un pozo de obra de fábrica, del que sale con la conveniente inclinacion una cañería de barro que las vierte al mar, atravesando aquellos arenales á la profundidad de siete metros que tienen de elevacion algunos cerros. Lo más comun es dejar las zanjas al descubierto; pero á veces



se rellenan de cascajo ó piedras angulosas, á fin de que el agua corra por los intersticios que entre ellas quedan.

» A pesar de la delicadeza y cuidado que exigen estas operaciones, bástanles á los llamados navaceros los conocimientos que les proporciona una larga práctica para formar su posesion ó huerta. Abierta la caja del navazo, lo primero que tiene que hacerse es asegurar las arenas sueltas del vallado, para que no se derrumben hácia aquella, obstruyan las zanjás y levanten de nuevo el nivel del suelo. Al efecto plantan en toda la parte exterior de aquél, hasta su cima, vides y frutales, poniendo por la parte inferior cañas y pitas, dispuestas ordenadamente en filas paralelas. De este modo, no sólo se consigue la fijacion de las arenas, sino tambien una gran cantidad de variados y excelentes frutos.

» Despues de ejecutadas estas operaciones preventivas, se procede al cultivo de la superficie interior del navazo, cultivo que varía forzosamente segun la naturaleza del terreno y demas condiciones de aquél. Segun ellas, pueden dividirse los navazos en tres clases. La primera comprende aquellos que participan del flujo y reflujo del mar, y que por esto se llaman de marea; la segunda abraza los que no disfrutan de dicha influencia, pero que tienen desagüe al



mar; y la tercera consta de los que no ofrecen ninguna de estas dos circunstancias.

» Los navazos de marea son los de mayor valor y estima, porque en ellos el agua del mar, filtrada y dulcificada por las arenas del fondo, sube periódicamente, y cada doce horas, con corta diferencia, á humedecer las raíces de las plantas; circunstancia sumamente favorable, sobre todo durante los calores del estío, merced á lo cual se crían y obtienen frutos que no son propios de esta estacion. Para conseguir este resultado es necesario tener en cuenta el nivel superior á que alcanzan las mareas, á fin de rebajar la superficie del suelo, sólo hasta un punto tal, que durante la pleamar quede bañada la porcion de las raíces que se crea conveniente, sin que, por ser excesiva, pueda la humedad perjudicar á las plantas.

» En los navazos de segunda clase, el nivel de las aguas subterráneas sólo sufre las variaciones accidentales, debidas á la influencia de las estaciones. Por la altura de dicho nivel se regula tambien el que ha de darse á la superficie del navazo. Tanto en éstos como en los de marea, las aguas llovedizas son recogidas en las zanjás, hasta que su nivel no dista más que 20 centímetros de la superficie del terreno, siendo árbitros los hortelanos de regular el desagüe,



abriendo ó cerrando convenientemente los conductos destinados al efecto.

» Por último, los navazos de tercera clase, por carecer de desagüe, se inundan durante el invierno, y sólo pueden aprovecharse en el verano, cuando por efecto de la evaporacion producida quedan secos y en disposicion de recibir los beneficios del cultivo. En algunos casos se aprovechan ventajosamente las aguas que bajan de la poblacion durante las lluvias otoñales, pues arrastrando gran cantidad de restos orgánicos en descomposicion, proporcionan á las tierras un excelente abono.

» El cultivo de los navazos da principio en Abril ó Mayo, segun las circunstancias de la estacion. La primera operacion consiste en una cava general y profunda, por medio de la cual se remueve bien la tierra, y se mezcla cuidadosamente con el estiércol en avanzado estado de descomposicion, que se echa en la proporcion de una carga de 66 kilogramos por cada tres metros y medio de superficie. Debe procurarse que la labor alcance hasta dos tercios de la profundidad del suelo, y que la parte inferior humedecida pase á la superior.

» Preparado así el terreno, se procede á la siembra ó colocacion de las hortalizas, entre las cuales se escogen aquellas variedades pro-



pías de la estacion. Con este motivo se da una nueva labor al suelo sin añadir abono alguno, pues basta para todo el año el que al principio se puso, exceptuando, sin embargo, las plantas que los hortelanos llaman matas, á cada una de las cuales hay que echar una pequeña espuerta de estiércol bien descompuesto.

» Es muy comun obtener durante el año dos cosechas: una de verano y otoño, y otra de invierno y primavera, proporcionando cada cual tres frutos distintos. Al efecto se ponen cada vez en la tierra tres especies de plantas, cuya vegetacion sea de una actividad diversa y gradual; de modo, que cuando la primera llegue á la madurez, se encuentre la segunda bastante desarrollada, y cuando ésta dé fruto, haya adquirido mucho crecimiento la tercera. Las plantas que con preferencia se escogen son el maíz, patata, lechuga, guisantes, cebollas, tomates, coles, calabazas, melones, sandías, etc.

» El desarrollo de estas plantas se verifica con una actividad sin igual. La frescura del terreno, aún en verano, permite obtener frutos como el guisante, propio, como es sabido, de la primavera; mientras que en el invierno, por efecto del calor, de los abonos y del abrigo de los navazos, se cosechan tomates. No son ménos notables los frutos que se obtienen por su consi-



derable tamaño, su exquisito sabor y demás cualidades. El maíz llega á medir tres metros y medio de altura desde el suelo hasta la extremidad superior de la flor; hay coles de once kilogramos y medio de peso, sandías de veinte y calabazas que pasan de cuarenta y cinco. Se comprende, por lo tanto, la pingüe ganancia que proporciona este cultivo. Una superficie de un cuarto de hectárea, ó sea de veinticinco áreas de hoyo de navazo, cultivado de la manera que llevamos dicho, mantiene á una familia y da ocupacion á dos jornaleros.

» Los vecinos de Chipiona y Rota, estimulados por el ejemplo de los sanluqueños, y deseosos de obtener los mismos beneficios, abrieron tambien navazos en las arenas, con éxito igualmente lisonjero. El producto de las cosechas es tan abundante, que no sólo abastece á dichas poblaciones, sino tambien á un gran número de barcos, que salen constantemente cargados de dichos frutos para Sevilla, Cádiz y puertos de su bahía.

» A medida que iba tomando incremento el cultivo de los navazos, notaron los sanluqueños, con agradable sorpresa, que habia cesado por completo el arrastre de las arenas, y que no era ya de temer el terrible azote que tanto les molestaba, y que tantos daños habia causado en



el caserío en otros tiempos. Aquel puñado de hombres oscuros que, apremiados por la necesidad, concibieron el pensamiento de esta clase de cultivo, y la llevaron á cabo con fé y perseverancia, estaban muy léjos de pensar en los trascendentales beneficios que iban á proporcionar al país; y así como el alquimista Brandt, pretendiendo hallar la piedra filosofal, encontró el fósforo, más útil todavía que el oro, así descubrieron aquéllos el modo de fijar segura y permanentemente las arenas voladoras, resultado mucho más provechoso que el del rendimiento de las cosechas.

» Resuelto el problema, la empresa fué adquiriendo diariamente cada vez más vastas proporciones. El municipio de Sanlúcar y algunos celosos propietarios, despues de deliberar detenidamente sobre el particular, acordaron imitar el ejemplo de los primeros navaceros, aunque por distintos medios, sembrando con piñon del pino piñonero los extensos arenales que se hallan á la márgen izquierda del Guadalquivir, desde cerca de Boñanza, y á continuación de los navazos, hasta el término de Trebujena. Fué tan oportuna la época elegida para confiar al terreno la semilla, y tan favorable el año, que los resultados excedieron á toda esperanza. Pasan de mil quinientas hectáreas de arenales, estériles



en otro tiempo, las que hoy día se hallan cubiertas de pino, con monte bajo de lentiscos, labiérnagas y otros arbustos, y vestidas de plantas herbáceas, útiles para el pasto de los ganados, que proporcionan pingües rendimientos é inmensos beneficios, tanto por su produccion en especie y en metálico, como por la fijacion de las incoherentes arenas. »

CAPÍTULO V.

↓ Riegos.—Nociones generales.—Canales de riego.—Depósitos ó embalses.—Presas.—Compuertas.—Canales de desagüe.—Sifones.—Pantanos de Tibi y de Lorca.—Partidores de Elche y de Lorca.—Módulos, Milanés de Ribera y de Higgin.—Cantidad de agua necesaria.—Riegos de Lanjaron, Mecina y Palma del Rio.—Azudas.—Norias.—Bombas.—Pozos instantáneos.

El agua es no sólo útil, sino indispensable á la agricultura, pero es tambien uno de sus más terribles enemigos. Las aguas estancadas que encharcan ó cubren las tierras, se oponen más ó ménos á reducirlas á cultivo, y todo el mundo conoce los daños causados por las inundaciones y destrozos de las orillas del mar, de los rios y de los arroyos.

No solo, pues, ha de procurarse el aprovechamiento de las aguas, sino precaverse de sus malos efectos.



Desecar y sanear los terrenos invadidos por las aguas, procurando su salida, preservar el suelo de los peligros de las inundaciones, procurar en todo tiempo á las tierras cultivadas el grado de humedad más conveniente al desarrollo de las plantas útiles, tal es el objeto á que deben dirigirse todos los esfuerzos de la ciencia.

La distribucion de las aguas, bajo el punto de vista de la agricultura, comprende la ejecucion de trabajos muy numerosos y variados.

La mayor parte de los riegos se efectuan por la derivacion de las aguas corrientes. El curso natural de ellas se encuentra siempre más bajo que los terrenos que se tratan de regar.

Para que el agua de un rio pueda ser utilizada para el riego, es necesario darle una nueva direccion á una altura conveniente, para poderla repartir á voluntad, en la mayor extension posible de terrenos situados á un nivel más bajo, que es lo que se llama un canal de riego.

Este canal, establecido en la parte más alta del valle, toma directamente el agua de la corriente de que se alimenta, de él parten otros canales encargados de la distribucion, para lo cual están situados en la parte más alta del terreno que han de regar; de estas acequias ó canales de distribucion toman el agua otras pe-



queñas acequias llamadas de riego, que extienden el agua por los terrenos.

Cuando las corrientes ordinarias de las aguas no son suficiente para proveer en un momento dado todo el volúmen necesario á un riego, es indispensable el embalse ó depósito para poderlas utilizar.

El agua, así recogida en las épocas de lluvias, sirve para los riegos en las de calor y sequedad.

La formacion de estos depósitos permiten introducir importantes modificaciones en el régimen general de las aguas de una vasta comarca. La disposicion del terreno en los países montañosos, facilita el medio de utilizarlas con poco gasto en provecho de la agricultura. Los valles que reciben las aguas de una vasta superficie de colinas las dejan escapar; tanto las de lluvia y tempestad, cuanto los torrentes pasajeros que degradan las tierras inferiores, ó el arroyuelo muy pequeño para ser utilizado, pueden ser detenidas sus aguas y formar un gran depósito, del cual puede salir una fuente de riqueza. Fácil es calcular la cantidad de agua que puede recogerse, la extension del embalse que deben formar, los gastos de su construccion y los beneficios por el mayor valor que tomará el terreno con el aumento de productos.



Desde la más remota antigüedad ha sido reconocida la importancia de los embalses ó depósitos de agua. Gran número de ellos se hallan establecidos á lo largo del curso superior y medio del Nilo. La India, la Persia, la Asiria, la Palestina, la China y la Arabia, presentan restos de asombrosos trabajos hechos para recoger las aguas que fertilizaban el suelo, en el florecimiento de aquellas antiguas civilizaciones. El lago de Moëris, los depósitos de Memfis, de Méroë, de Cophtos y de Hermontis, son grandiosas muestras de ello. Centenares de millones de metros cúbicos de agua estaban aprisionadas en embalses que ocupaban valles enteros, y que sangrados por canales se ramificaban en miles de arterias para llevar en todos sentidos la fecundidad. Estos maravillosos monumentos, de la mayor utilidad pública, legados á la posteridad, sirven aún para alimentar la vida en aquellas regiones de Oriente.

Gracias á los infinitos recursos que la ciencia moderna ha puesto á nuestra disposicion, los trabajos de esta naturaleza no presentan las innumerables dificultades que en la antigüedad.

Los lagos y los pantanos, verdaderos depósitos creados por la naturaleza, pueden ser tambien utilizados para el riego recogiendo sus aguas de manera que puedan alimentar canales



que atraviesen las praderas formadas en lugar de su cenagoso suelo, creando riqueza y haciendo desaparecer miasmas pestilentes, y alejando para siempre la miseria y la fiebre.

En los canales de derivacion debe construirse la presa en un sitio suficientemente elevado, para que, con el menor coste posible, se puedan llevar los canales de conduccion y distribucion por los terrenos más altos, con objeto de que alcance el riego á la mayor extension posible. Debe procurarse tambien la mayor estrechez por la economía de la obra; y resistencia de las márgenes é impermeabilidad del suelo para su solidez y duracion. Su revestimiento, tanto interior como exterior, en forma de gradas, principalmente para las presas de embalses ó pantanos, á fin de que la gravitacion de las aguas se distribuya y obre sobre varios puntos, y precaver que en casos extraordinarios el salto de aquellas pueda perjudicar la obra.

Para evitar los efectos destructores del desbordamiento de las aguas por cima de la presa destinada á contenerlas en los embalses, es necesario que estén provistas de canales de desagüe.

Una compuerta situada á una altura conveniente permite la salida del agua regularizada á voluntad.



Cuando la alimentacion de un depósito se hace por medio de un canal derivado de un rio, la compuerta de toma de agua colocada al origen del canal la pone al abrigo de las crecientes ó desbordamientos, en cuyo caso la construccion de un vertedero no es indispensable.

En los países llanos, las aguas sobrantes, acumulándose en la region más baja, hacen las tierras pantanosas, con perjuicio de la vejetacion y de la salubridad, y en tales casos es necesario establecer azarbes ó acequias de desagüe, cuya capacidad debe ir aumentándose á medida que van avanzando y recibiendo mayor cantidad de agua.

Para el paso de los valles y torrentes es necesario la construccion de puentes, acueductos ó de sifones.

El empleo del sifon parece remontarse á la mayor antigüedad; los egipcios lo usaban para clarificar las aguas del Nilo, destinadas á el abastecimiento de las ciudades. Segun Héron, de Alejandría, los sifones eran tambien empleados como máquinas hidráulicas; servian para desecar las tierras inundadas y para conducir las aguas por debajo de los cerros. Pueden estos construirse ó de fábrica ó de tuberías de hierro.

De los primeros, es notable el que existe en el canal de Castellon para salvar el cauce de la

AGUAS Y RIEGOS.



Rambla de la Viuda. El gran volúmen de las aguas que por este afluente del Mijares discurren en momentos de lluvias torrenciales, y la considerable velocidad de que dichas aguas se hallan animadas por efecto de la pendiente de su thalweg, debían necesariamente poner en inminente peligro de ruina cualquier obra que sobre el cauce de dicha rambla se construyera. Para evitarlo, ideó el génio de los árabes la construcción de un sifon.

Salen las aguas por una galería subterránea de 400 metros, que arranca de un depósito construido á la orilla del rio, y se dirigen por una rampa muy inclinada á otro profundo depósito que forma la cabeza del sifon, abierto bajo el lecho del torrente, yendo á salir á una distancia de unos 100 metros por la otra orilla de la rambla, á un nivel 0,^m375 más bajo que el correspondiente al punto de entrada.

No es fácil reconocer la naturaleza é importancia de los trabajos ejecutados bajo el lecho de la rambla, por hallarse el conducto abierto á gran profundidad, y por estar constantemente lleno de agua. Puede darse una idea de la fuerza de la corriente al traves del sifon indicando, que si se arroja en la boca de entrada una piedra de algunas libras de peso, reaparece ésta en el otro extremo casi instantáneamente.



Supónese que despues de abierto este acueducto en las masas de pudinga, fué protegido interiormente por medio de un revestimiento de fábrica. Las porciones de este revestimiento que aparecen al exterior tienen tres metros de altura y dejan una abertura cuadrada de dos metros de lado.

Los sifones de tubería de hierro son necesarios cuando la naturaleza del terreno que hay que atravesar es de poca consistencia. En este caso, deben colocarse más tubos que los necesarios al volúmen de agua que han de conducir, á fin de precaver los accidentes de rotura, limpia y obstruccion, en cuyo caso se puede dirigir el agua por los tubos sobrantes, sin que sufran interrupcion el paso del agua mientras los otros se componen.

El embalse de las aguas para su aplicacion al riego, fué conocido en España desde la más remota antigüedad; pero la construccion de los pantanos, que por su importancia pueden compararse con los más célebres de las antiguas civilizaciones, datan de una época relativamente próxima.

El más notable de los existentes, por su construccion, servicio y maniobras, es el llamado de Tibi, en la provincia de Alicante, cuya presa cierra la garganta del mismo nombre, en el curso del rio Monegre, y fué construída de 1579



á 1594, bajo la direccion del famoso arquitecto
× Juan de Herrera.

No entramos en los detalles por su extension, que pueden verse en la obra de M. Aymard, y los daremos muy lijeros del de Lorca.

Para el riego de los campos de Lorca se establecieron á fines del siglo pasado dos grandes pañtanos, el de Valdeinfierno y el de Puentes, célebre por su ruptura.

El primero se halla situado en una garganta del rio de Luchena, á unos 20 kilómetros de distancia de la ciudad. La traza del muro de cerramiento es una línea poligonal de siete lados, de ángulos muy obtusos, aproximándose mucho á un arco de círculo, cuya convexidad se halla en sentido opuesto al de la corriente. El espesor del muro es en la base de 38,^m80, y de 29,^m70, á una altura de 31 metros, disminuyendo algo en los 4,^m50 últimos hasta los haces de la coronacion. El cimientto está construido sobre un lecho de roca.

El rio, aguas arriba del pantano, no está alimentado de fuentes perennes, recibiendo sólo las aguas de lluvia. Cegado el envase por los aluviones, cuya capa llega hasta la coronacion del muro, no reporta hoy beneficio alguno al país. Cuando llueve se produce una inmensa cascada de maravilloso efecto óptico.



El pantano de Puentes está situado en el río Guadalantín, más abajo de la confluencia de los ríos Velez, Turrilla y Luchena. Fué construido, como el anterior, desde 1785 á 1791; funcionó durante once años, hasta el 30 de Abril de 1802, en que las aguas abrieron en el dique un anchuroso boquete, por el que se precipitó un torrente que asoló cuanto encontró á su paso, causando la muerte de 608 personas, y destruyendo casas, tierras y efectos por un valor de 21 millones de reales.

El pantano de Puentes era la obra más colosal en su género que existía en Europa. Su traza estaba formada por tres alineaciones rectilíneas, cuyo desarrollo total, á la altura de la coronación del dique, era de 282 metros. La altura de éste era de 50 metros, su espesor en la base de 46, y de 10,^m89 en la cresta. El paramento de aguas arriba era vertical, y el de aguas abajo tenía un talud de dos de altura por uno de base en los 33,^m34 primeros metros, y cuatro retallos de 3,^m34 de ancho cada uno en la parte superior.

El dique estaba cimentado sobre roca resistente en las márgenes, y sobre pilotaje en su parte media, á consecuencia de haberse encontrado una falla de erosión, de más de siete metros de profundidad en un sondeo practicado al



efecto. La debilidad del cimientó en la parte media de la obra fué la causa determinante de su ruina; porque habiendo alcanzado las aguas del pantano en la fecha citada una altura de 47 metros, la enorme presión debida á esta altura, transmitida al través de la capa de aluviones, descalzó las puntas de los pilotes, que no insistían sobre el terreno firme, haciéndolos girar alrededor de sus cabezas, y abriéndose en el muro un gran boquete, que aún en la actualidad ofrece el aspecto de un anchuroso y elevado puente.

La distribución de las aguas para el riego debe basarse en dos principios fundamentales: la equidad en el reparto y la obtención del mayor grado de utilidad en el empleo de aquel elemento natural, dedicado al aumento de las condiciones productivas del suelo.

Desde la época de la dominación árabe se viene usando para la distribución de las aguas de un sistema de partidores, que varían también entre sí. El usado en Elche para derivar de la acequia principal las aguas que se destinan al surtido de cada uno de los veintiún brazales que completan el sistema de canalización de aquella célebre huerta, está dispuesto del modo siguiente. (Fig.^a 12)

La acequia principal se halla revestida de si-



llería en la solera y en las márgenes en una longitud de cinco metros, siendo la sección rectangular y su ancho de dos metros. En la solera se hallan dispuestos dos saltos sucesivos de 30 y 40 centímetros, á las distancias respectivas del origen del revestimiento de 2,^m5 y 4 metros. La pendiente longitudinal de dicha solera es nula á lo largo del revestimiento, y casi insignificante en una longitud de 50 metros aguas arriba del mismo; de modo que las aguas lleguen al primer vertedero con una velocidad apenas perceptible, caen sin agitarse y sin ser nunca rebalsadas en su parte inferior, por oponerse á ello el segundo vertedero, situado á uno y medio más abajo. No habiendo por lo tanto contracción, el gasto es proporcional al ancho del vertedero.

Aguas abajo del primer vertedero, y paralelamente á los muros laterales de la acequia, se halla dispuesto un tabique de sillería, de 30 centímetros de espesor, el cual divide el ancho, que es de dos metros, en dos partes desiguales, una de 1,^m40 para la acequia principal y otra de 30 centímetros para la hijuela.

Los sillares que terminan el tabique divisorio están cortados formando un cilindro vertical, que sirve de eje á un pico móvil de madera dura de 50 centímetros de longitud horizontal



y 65 de alto. Este pico abraza la superficie cilíndrica en un desarrollo mayor que la circunferencia de la seccion recta, por cuya razon no puede escaparse lateralmente, y únicamente puede adquirir un movimiento circular de rotacion alrededor del eje. Siendo la madera muy densa, su propio peso impide que el pico hidrométrico sea levantado por las aguas, y á ello se opone tambien la disposicion de los pasadores, respectivamente colocados en la base superior del cilindro y en la extremidad opuesta del pico móvil. La longitud de dicho pico es tal, que, cuando su eje se encuentra en la prolongacion del correspondiente al tabique divisorio, su extremo llega casi á tocar el primer vertedero. A derecha é izquierda de esta posicion central puede tomar todas las posiciones convenientes, girando alrededor del cilindro que le sirve de eje; de modo, que el ancho total del primer vertedero puede dividirse en dos porciones cuyas longitudes guarden una relacion cualquiera.

Esta relacion depende del volúmen que debe darse á la hijuela, y del que deba quedar en la acequia principal para ser distribuido entre las hijuelas inferiores, segun el estado diario de las ventas del agua entre los regantes de las distintas zonas. Para mantener la invariabilidad del gasto durante el dia, lleva el pico móvil, á la



distancia de 10 centímetros de su extremo, una clavija que se inserta en uno de los agujeros abiertos en una regla plana de hierro, de unos 80 centímetros de longitud, sujeta al muro lateral por medio de una anilla. Para la mayor seguridad del servicio, la sujecion del pico a la regla se completa con auxilio de un candado.

Este ingenioso sistema ofrece en la práctica una exactitud suficiente, mientras la extremidad del pico no se separa demasiado de la arista del vertedero; pero en la disposicion y dimensiones adoptadas, tanto para el vertedero como para el pico en los distintos partidores establecidos en la huerta, se ha procurado que para los límites extremos de la dotacion correspondiente á las acequias, segun la extension de las zonas respectivas, la punta del pico se separe poco de dicho borde.

En Lorca se emplea otro procedimiento de distribucion de las aguas, que diariamente se venden para el surtido de las zonas de Tercia y Albacete, más grosero y expuesto á errores que el usado en Elche. (Fig.^a 13)

Una solera de mampostería, perfectamente nivelada, limitada por dos muros laterales, y dividida por un tabique divisorio, provisto de tajamar, presenta á la corriente dos nuevos cauces; en uno de ellos se introducen las aguas de



la acequia secundaria, y en el otro las de la acequia principal, para ser más abajo distribuidas de una manera análoga. Los dos cauces están cerrados por medio de reglones verticales de madera que encajan por su parte inferior en una ranura practicada en la solera, y por el otro extremo se hallan colocados entre dos tablas horizontales sujetas á los muros laterales y al tabique divisorio, las cuales sólo dejan el hueco suficiente para la colocacion de dichos reglones. Estos se hallan sujetos al muro por medio de una cadenilla de hierro, con objeto de impedir su desaparicion casual ó intencionada. Sus dimensiones son, por lo comun, de 90 centímetros de alto por 4 de grueso y 7 de anchura, uniforme para los de un mismo partidior.

Los reglones están labrados de manera que, puestos al tope, den un ajuste perfecto con las menores filtraciones posibles.

En cada uno de los canalizos de un mismo partidior hay tantos reglones como *hilas* pueden hacerse pasar por él, y el guarda hace la distribucion del agua, añadiendo ó quitando el número de reglones necesario para que el ancho de los dos orificios esté en relacion con el número de hilas que deben constituir su dotacion respectiva.

Como se ve, este procedimiento de distribu-



cion es imperfecto, pues no se toman en cuenta las diferencias de velocidad de los filetes líquidos á distancias diferentes de las márgenes, ni la direccion del diafragma de las tablas, no siempre colocado en sentido normal á la corriente, ni los remolinos que el agua produce por el efecto de su choque con las tablas, circunstancias todas que deben modificar la velocidad media, que es uno de los factores para apreciar el gasto.

El módulo milanés es el aparato que se considera como más perfecto para la distribucion de las aguas; fué ideado por Soldati en 1572 para los canales de Lombardía.

Consiste en el empleo de una boca de desagüe, cuya altura es invariable, y cuyo ancho está en relacion con el caudal que debe suministrar. Esta boca recibe el agua de un canalizo cubierto; el nivel del líquido se halla constantemente á la misma altura por cima del orificio de salida, lo cual se consigue subiendo ó bajando la compuerta, cuya maniobra está establecida entre dos muros de mampostería, situados en la toma de aguas del canal principal de conduccion. El agua que vierte por el orificio recorre un canalizo descubierto, desde el cual pasa á la cacera de riego.

Este módulo, aunque constituye un adelanto



sobre el sistema de distribución por boqueras no está exento de graves defectos, especialmente para los casos de escasez de aguas, en que se necesita mayor exactitud en la medida,

El Sr. Ribera ha inventado para el canal del Lozoya un módulo que lleva su nombre, y consiste en un depósito que se halla en comunicación con el canal (Fig.^a 14); en el fondo de aquel se halla un orificio circular, de mayor superficie que la correspondiente al caudal de agua á que ha de dar paso, y en el cual se introduce una válvula de cobre, que lleva el nombre de *péndola*, de una longitud próximamente igual á la altura máxima que pueda tener el agua en dicho depósito. Esta péndola, de diámetro decreciente desde la base al vértice, se halla suspendida de un flotador de latón, de modo que, al variar la altura del agua, pueda subir ó bajar libremente dentro del orificio, dejando siempre un espacio anular tanto mayor, cuanto menor sea la altura de la carga, y viceversa.

Para el canal del Henares estableció su director, el ingeniero inglés Mr. George Higgin, un módulo fundado en la salida de las aguas de un depósito tranquilo y de nivel constante por un orificio de pared delgada, dispuesto en forma de vertedero. (Fig.^a 15.)



Las aguas del canal de alimentacion pasan por una compuerta de fondo á un primer canalizo, en el cual se hallan sumamente agitadas por efecto del hervidero, que produce el movimiento ascensional debido á la carga que actúa sobre el orificio de entrada. De la primera cámara pasan á la segunda, al traves de ocho pequeñas aberturas practicadas en el tabique divisorio, cuyo objeto es calmar la agitacion del líquido. Las aguas llegan á la segunda cámara suficientemente tranquilas, para que su velocidad pueda dejarse de tomar en cuenta. En el muro se halla dispuesto un orificio rectangular de pared delgada, cuya seccion viene dada por los bordes de una lámina metálica. La base del rectángulo tiene una longitud constante de dos metros, y su altura es variable, puesto que la marca el nivel del agua en la segunda cámara, á cuyo fin lleva ésta señalada en el muro lateral una escala graduada, cuyo cero se corresponde de nivel con el de la base del orificio hidrométrico.

Fácilmente se comprenden los inconvenientes de este sistema por lo complicado de la manipulacion y por las alteraciones de nivel que ha de ocasionar el descenso de las aguas del canal.

En toda obra de riego, lo primero que hay



que tener en cuenta es la cantidad de agua disponible con relacion al terreno regable.

En absoluto no puede determinarse la extension de terreno que puede regarse con una cierta cantidad de agua, porque esto depende de una multitud de circunstancias, tales son, el clima más ó ménos lluvioso, la naturaleza del terreno más ó ménos permeable, la clase de cultivo ó produccion, el sistema de riego, el empleo de aguas claras ó turbias, y hasta la inteligencia del cultivador.

No obstante, puede establecerse un término medio que sirva de base para las construcciones de canales, fijando un tipo lo más aproximado que se pueda, porque la cantidad de agua que ha de suministrarse tiene que entrar necesariamente en cuenta para determinar la superficie total que podrá regarse, para calcular lo que costará á los usuarios el riego de sus tierras, y para apreciar los productos probables del canal.

En Francia, se adopta como término medio para el riego de una hectárea, un litro por segundo, y se supone que con un canal que conduzca sin interrupcion un metro cúbico por segundo, podrá regarse una extension de mil hectáreas.

En Italia, en el Milanesado, se regula en uno y medio metro por segundo y hectárea el con-



sumo de agua; pero esto debe atribuirse principalmente á su gran abundancia, que permite prodigarla con profusion, derramando grandes cantidades á los coladores ó azarbes, que dan salida á las aguas sobrantes del regadío.

En el Piamonte y Lombardía proceden las aguas del derretimiento de las nieves, por eso son abundantísimas en la estacion del riego y no hay necesidad de economizarla.

Tambien en el Norte de Francia, donde la humedad del clima parece que deberia exigir ménos agua para los riegos, sucede lo contrario, llegando el consumo hasta la enorme cantidad de 30 y más litros por segundo y hectárea; pero esta aparente anomalía tiene una explicacion natural. El agua, en los distritos que esto sucede, tiene por principal objeto el abono de las tierras por los depósitos de légamo fertilizante que deja sobre ellas, y esta capa se hace más gruesa cuanto mayor es la cantidad de agua que se extiende sobre el terreno. Además, el agua que cubre la yerba de los prados la defiende de la intensidad de los hielos; y por último, debe tenerse presente que estas inundaciones artificiales, se realizan en una estacion en que las aguas están de sobra y no es necesario economizarlas.

Así sucede, que cuanto más frio y húmedo



es el terreno más agua emplean los cultivadores en el riego. Mucha menos se gasta en Argelia y en España que en Inglaterra y Escocia, y mucha más en el Norte de Francia que en la Provenza. Esto, no obstante, debe establecerse como regla general, que los riegos bien administrados exigen solamente cantidades de agua comprendidas entre un cuarto de litro y un litro por segundo y hectárea.

En nuestras provincias varía el consumo desde medio litro hasta dos y medio por segundo; pero esta variedad depende principalmente de la clase de cultivos y del mayor ó menor trayecto que recorren las aguas para llegar á las huertas, que suele ser de algunos kilómetros.

En la huerta de Murcia, que comprende una extension de 11 á 12.000 hectáreas, solo se riegan con aguas vivas del Segura unas 8.000, pues las demas aprovechan las aguas muertas de los azarbes; y como el rio en los años secos queda reducido á unos 8 ó 9 metros cúbicos de agua por segundo, viene á ser el consumo de cerca de un litro por segundo y hectárea; pero hay que advertir que no se utiliza toda esta cantidad, pues una parte muy considerable se pierde en la larga extension de las acequias y brazales.

En Lorca se riegan 11.000 hectáreas con solo



340 litros por segundo, que es el caudal que da en verano el Guadalentin; de modo que el consumo es de un tercio de litro por segundo y hectárea; pero debe notarse que la mayor parte de los campos son de cereales, y que sólo se dan uno ó dos riegos al año, y acaso ninguno cuando son frecuentes las lluvias.

En Granada, el rio Genil suministra á la real acequia, en Setiembre, que es la época de mayor sequía, dos metros cúbicos por segundo; y con estas aguas se riegan 6.900 hectáreas, correspondiendo á cada hectárea 0,29 litros por segundo; pero tambien una gran parte es de cereales, que en esa época no necesitan ya el riego, y en los meses anteriores el agua es superabundante por el derretimiento de las nieves.

La acequia real del Júcar, con 26 metros cúbicos por segundo, riega sobre 20.000 hectáreas, lo cual corresponde á uno y tercio litros por segundo y hectárea; pero una buena parte de esta superficie la ocupan los arrozales, que necesitan dos y medio litros por hectárea.

Las ocho acequias derivadas del Túria, riegan en la huerta de Valencia 10.500 hectáreas; y siendo el caudal mínimo del rio de 11 metros cúbicos por segundo, resulta por hectárea poco más de un litro.



El canal imperial de Aragon, que toma del Ebro en el verano 13 metros cúbicos por segundo, riega con sus aguas 11.196 hectáreas, correspondiendo el gasto de agua á 1,16 litros por segundo y hectárea. Debe advertirse que los riegos se hacen con mucha irregularidad, gastándose en algunas partes cuatro veces más del agua necesaria.

Se ve, pues, que en algunos parajes, el término medio del gasto pasa de un litro por segundo; pero es lo cierto, que donde quiera que esto sucede, consiste, con raras excepciones, en el desperdicio del agua. Si ésta se aprovechase bien, bastaria con medio litro por segundo para el riego de una hectárea.

En España se asigna generalmente medio litro por segundo y hectárea para las concesiones de canales de riego; pero esta cantidad, que en efecto es bastante cuando las aguas se aprovechan debidamente, viene á ser escasa muchas veces por varias circunstancias, como la porosidad del subsuelo en los terrenos arenosos, el largo trayecto que suele recorrer el agua en los brazales y regueros, desde su salida del canal, hasta llegar al terreno regable, en cuya distancia hay á veces pérdidas no despreciables por evaporacion y filtracion, sobre todo cuando se atraviesan terraplenes, y por último, el desper-



dicio del agua sobrante, que en algunos sistemas de riego suele ser considerable.

Creemos, por tanto, que la cantidad de agua que debe proyectarse para nuestros riegos, es de tres cuartos de litro por hectárea y segundo, á ser posible, pues con esta cantidad puede atenderse á toda clase de cultivos, desde el arroz al cereal, empleando en unos el sobrante del promedio que los otros necesitan.

Vamos á citar algunos riegos que existen en nuestro país, y que ofrecen un carácter particular.

Los riegos del ameno valle de Lanjaron son dignos de especial mencion. Los labradores de este valle, con una actividad é inteligencia dignas del mayor encomio, han sabido convertir en delicioso jardin una loma pendiente y descarnada. A principios del siglo pasado construyeron al traves de la loma una série de *valates*, ó muros de piedra, para sostener el terreno; rellenaron luego los huecos con escombros y tierra, y abrieron entre precipicios una red de acequias que, con las aguas, llevaron los gérmenes de la belleza y de la abundancia por los escalones del valle.

A media legua del nacimiento del Guadalfeo se encuentra establecido el célebre riego *por cimas*, debido, segun tradicion, al génio de los



moros; y Mecina de Buenvaron, aldea situada en la ladera oriental de una loma que, partiendo de Sierra Nevada, corre hacia el Sur entre los barrancos de Berchul y de Mecina, es la localidad originaria de estos riegos.

En los mismos ventisqueros de Sierra Nevada toma su origen una acequia que recibe el agua de los deshielos, y siguiendo el filo de la loma, enlaza, en la longitud de una legua, once esplanadas ó mesetas; la mayor, que es la segunda, tiene una extension de cerca de cuatro fanegas, y las menores tres cuartillas.

Los ventisqueros que vierten hacia Mecina no son perpétuos; acaban en Julio, precisamente en la época en que más necesarios son los riegos. Durante el periodo del deshielo, ó sea desde Marzo hasta fines de Junio, llevan los cauces de la acequia dos días por semana las aguas del Berchul; y no importa que por un deshielo rápido fluyan grandes masas de agua, puesto que rebosando aquellas por uno de los costados de la acequia, se extiende dicha agua por las mesetas que encuentra en su trayecto, formadas de pizarra arcillosa que las absorben, empapándose hasta la saturacion. La cima ó esplanada mayor traga cuatro caces sin rebosarse, y las pequeñas una cantidad proporcional á la superficie que comprenden.



A los veinte dias de haberse saturado las cimas, brota el agua á una distancia de 8 á 10.000 piés del punto en que fué absorbida, salvando en su trayecto subterráneo al traves de los estratos de pizarra, un desnivel proporcionado á la fuerte pendiente de las laderas de la loma. Con estas aguas se riegan las 180 fanegas de huerta que constituyen la vega de Mecina.

Despues de la acequia que riega esta celebrada vega, parten las que se destinan á la de los Berchules, dispuesta en tramos escalonados, y de una cabida de 84 hectáreas, y más abajo las que benefician las vegas de Navila y Cadiar, situadas en llano, y de una superficie de 210 hectáreas.

La huerta de Palma del Rio, provincia de Córdoba, se extiende á derecha é izquierda del Genil, en una longitud de 8 kilómetros y un ancho medio de 250 metros, resultando por lo tanto una superficie de 200 hectáreas.

Esta vega se riega por medio de 20 azúas ó grandes ruedas de cangilones movidas por las aguas del mismo rio. Como la corriente no bastaria á ponerlas en movimiento, se han establecido várias presas en su cauce, con objeto de proporcionar un salto de un metro de altura próximamente, cuyas presas están formadas por dos filas de pilotes con relleno de piedra



suelta y una escollera en talud en el paramento de aguas abajo. Las aguas represadas pasan á un canalizo de mampostería, construido á la orilla del río, en cuya derivacion hay establecidas una ó más azúas; la noria ó norias constituyen con su presa una propiedad colectiva de la zona regada correspondiente, disfrutando cada uno de los propietarios, por un cierto número de horas, las aguas elevadas por dichos mecanismos.

La mayor parte de la vega está destinada á la plantacion de naranjos, que se riegan una vez por semana, y la parte destinada á huerta se riega dos veces.

↓ Las ruedas de cajones ó cangilones son de uso frecuente en los riegos: se las conoce en la vega del Tajo con el nombre de azudas, y con el de ruedas de noria en Navarra y Andalucía. Unas veces son automóviles, y con mayor frecuencia reciben el movimiento de otras ruedas colgadas que giran sobre el mismo eje ó sobre otro paralelo.

✕ En Lodosa (Navarra), el regadío llamado de Norias, que comprende una superficie de 500 hectáreas, destinadas principalmente á viñedo y olivar, se halla abastecido por el agua que dan dos ruedas de 10 metros de diámetro, situadas dentro de una casa de sillería y mampos-



tería, construida en el mismo cauce del Ebro.

La noria árabe, á pesar de los inconvenientes que ofrece por las pérdidas de trabajo, debidas, por una parte, á los rozamientos de todas clases, y en particular á los que resultan de la imperfeccion y desgaste de los engranajes, y por otra á la circunstancia de elevar el agua á mayor altura que la del depósito donde se recibe, está todavía llamada á prestar grandes servicios en nuestro país por su sencillo mecanismo y por la facilidad de atender á sus reparaciones, la mayor parte de las cuales pueden ejecutarse por el mismo colono, sin necesidad de que recurran al auxilio ageno. En los llanos de Dai-
miel, en la Mancha, en los cuales el agua de los pozos es poco profunda, y éstos se hallan extendidos por la zona cultivada en número considerabilísimo, las norias afectan un cierto carácter de máquinas locomóviles, puesto que, no igualando el número de estos aparatos al de los pozos, los mismos cultivadores los desmontan y trasladan, segun las necesidades del cultivo, á cuya operacion llaman en el país *poner el arte*.

En la vega de Talavera de la Reina usan del
mismo procedimiento para el riego en verano de los melonares.

En el valle de Tortosa hay establecidas cerca



de 600 norias, con cuyos riegos logran abundantes cosechas de todas clases.

Muchas son las modificaciones que la inventiva ha introducido en este antiguo aparato, ya reformando su mecanismo, ya sustituyendo con el hierro á la madera y el barro, construyéndose varios modelos por los fabricantes de Madrid, Barcelona y Valencia.

Las bombas no se emplean hasta el día entre nosotros más que para elevar el agua para usos industriales, ó para riegos muy pequeños, como jardines ó posesiones de recreo, y no obstante, pueden tener una utilísima aplicacion, y en grande escala, como hemos indicado en el capítulo IV.

Desde hace algunos años vienen llamando la atencion de los agricultores los llamados *pozos instantáneos*, cuya invencion se atribuye al norte-americano Mr. Norton. El aparato es sumamente sencillo; se compone de una serie de tubos de hierro de 3 metros de longitud, de un diámetro interior de 3 ó 4 centímetros, y de 8 á 10 milímetros de espesor. Estos tubos se atornillan unos á otros, y el que penetra primero está terminado en su parte inferior por una punta de acero, perfectamente templado y de aristas vivas, y tiene además una porcion de agujeros para que en su interior pueda penetrar el



agua. Este tubo se introduce por medio de un fuerte mazo, y en caso necesario, con el auxilio de una machina. Cuando el primer tubo ha penetrado en toda su longitud, se desatornilla el collar y se atornilla otro tubo, golpeando sobre la cabeza de éste como se hizo ántes con el primero. De vez en cuando se echa una sonda para ver si se ha encontrado el agua. Cuando esto sucede, se coloca la bomba aspirante en la parte superior del tubo, y á poco de funcionar se ve llegar el agua á la superficie. Este sencillo aparato puede realmente prestar muy útiles servicios; pero se comprende desde luego que ha de ser en muy reducida escala y en circunstancias de terrenos muy especiales. No puede aplicarse á profundidades mayores de 10 metros; no penetrar rocas duras, y siempre ha de suministrar un reducido volúmen por segundo, por su pequeño calibre.

CAPÍTULO VI.

Riegos entre los chinos y los egipcios.—Presa del Cairo.—Riegos entre los griegos, los romanos y los árabes.—Canal de Crapone.—Antiguos procedimientos de riegos en la India.—Construcción del gran canal del Gange.—Canales de Méjico y el Perú.

El uso del riego se remonta á los tiempos más antiguos. Lo encontramos en los pueblos



que en otro tiempo fueron cuna de la civilización; en China, en Egipto y en la India.

Entre los chinos, donde las artes útiles se encuentran á un grado de perfección maravillosa, el riego está considerado, desde tiempo inmemorial, como la base de la agricultura.

El suelo está atravesado por innumerables canales de riego, que después de recoger las aguas de los arroyos y fuentes, las extienden sobre los campos en capas fertilizantes. Cuando las corrientes de estas aguas son insuficientes, las aguas pluviales detenidas por muros ó presas forman grandes depósitos que utilizan en las épocas de sequía.

En los alrededores de Canton, todos los cerros están cortados en bancales, que escalonan la pendiente natural del terreno; los más elevados se destinan á las plantas que resisten más la sequedad, y los más bajos á aquellas que exigen más humedad. Esta detención artificial de las aguas pluviales permiten con muy poco gasto el riego más perfecto; después de haber regado los cultivos superiores, el agua descendiendo por conductos ingeniosamente situados sobre los cultivos inferiores que aprovechan así, no solo el agua recibida directamente de la lluvia, sino la sobrante de los más altos y las materias que arrastran. Merced á las numerosas planta-



ciones hechas sobre los cortes de tierra, en las colinas, á lo largo de sus abruptas cúspides y descarnados flancos, presentan á la vista el maravilloso espectáculo de un anfiteatro de frutos y de semillas, agradablemente cortado por líneas de verdor.

Desde los más remotos tiempos, el Egipto es célebre por la prodigiosa fertilidad que comunica á sus tierras los limos del Nilo.

En la época de los Faraones, las inundaciones periódicas de este rio eran utilizadas para el riego general de todo el bajo Egipto, por medio de un admirable sistema de presas y de canales. En las dos riberas del rio habia establecidos canales de distribucion, que despues de dirigirlas hácia las colinas que cierran el valle, seguian por la base de aquellas una direccion paralela á el rio. Una serie de diques establecidos á traves de la corriente de estos canales, tenian por objeto el facilitar el depósito sucesivo de los fertilizantes limos acarreados por las aguas.

En ciertas épocas del año, en virtud de las aguas torrenciales, el Nilo sale de entre las montañas considerablemente engruesado, y el nivel de sus aguas se eleva rápidamente; luégo que esta altura se juzgaba suficiente por los ribereños, introducian las aguas en los canales de



distribucion, por las compuertas hechas en los diques longitudinales. Los otros diques, situados á traves del curso de los canales, obligaban al agua á elevarse y á inundar los terrenos situados á su alcance. No se abria el dique para dejar paso á las aguas y llegar al dique siguiente hasta pasado el tiempo necesario para depositar una parte del limo tenido en suspension. Despues de tres meses próximamente de esta sumersion, los diques inferiores se abrian, dando salida á las aguas, y la tierra quedaba en disposicion de recibir la semilla. Tres cosechas seguidas, cada año, eran el resultado de este maravilloso sistema.

En el alto Egipto, donde en muchas partes no alcanza el desbordamiento del Nilo, se valen para el riego de otros modos; por medio de máquinas que elevan el agua á una altura conveniente, las toman del Nilo, de los arroyos ó de los pozos establecidos en los puntos convenientes del terreno que tratan de regar. Allí fué donde el ilustre geómetra de Siracusa, en uno de sus viajes á aquellas comarcas, aplicó el aparato llamado tornillo de Arquímedes, del nombre de su inventor. El uso de este aparato no es conocido más que en el Alto-Egipto. (Fig.^a 11.)

Otro de los medios que emplean para elevar



el agua es muy sencillo; consiste en dos palos fijados perpendicularmente que sostienen otro horizontal, sobre el cual se apoya por la mitad un largo madero, en la punta que da sobre el agua está sujeto por una cuerda un cubo, en el otro extremo hay un contrapeso: el hombre tira de la cuerda y se ayuda del peso del cuerpo para hacer bajar el cubo; cuando está lleno suelta la cuerda y sube por la acción del contrapeso.

Por este medio no les es posible elevar el agua á más de tres metros, de modo que si la necesitan á mayor altura, establecen una serie de cubos desde la orilla hasta la altura de la reguera, por la que distribuyen el agua; la sacada con el primer cubo va á parar por un canalón de madera á un pequeño pozo, de donde la toma otro cubo, y la dirige á su vez á otro más alto, hasta llegar á la reguera dicha.

Con este aparato, un *fellac* no eleva más de 50 litros en un minuto á tres metros de altura.

Todos los viajeros que han visitado el Nilo durante las bajas aguas, se han asombrado del espectáculo que ofrecen la inmensidad de cubos que en las orillas del río sin cesar se mueven, al impulso de hombres casi enteramente desnudos, acompañando la maniobra con uniformes ritmos y lánguidas canciones.



Otra máquina bastante empleada para tomar las aguas del Nilo es la *Sackieh*, muy usada en las orillas del Tígris y del Eufrate, y que no difiere más que en algunos detalles de la noria tan usada en Europa.

Los dos aparatos que acabamos de indicar, á pesar de sus imperfecciones, son muy usados para el riego en el alto Egipto. Los más perfeccionados, las bombas, no se encuentran sino muy raramente en algunos puntos aislados, y sin duda pasarán algunos años antes que sustituyan con las máquinas de vapor ó los motores hidráulicos el trabajo para que en el día emplean las bestias, y sobre todo, los desgraciados *fellahs*.

En el bajo Egipto, el sistema de riegos que hemos descrito anteriormente ha sufrido modificaciones importantes. Despues de los Farao-nes, los depósitos irregulares de limos, acumulados durante muchos siglos, habian acabado por alterar el nivel de las tierras; el tiempo y las revoluciones habian destruido la admirable red de canales y de diques. En vez de tres recolecciones ó cosechas no tenian más que una sola. Tal situacion se agravaba día por día, hasta que hace algunos años, en tiempo del vi rey de Egipto, Mehemet-Alí, volvió este país á su antigua fertilidad.



A él se debe la felicidad de regar el bajo Egipto por medio de una inmensa presa situada á la parte del Delta, cerca del Cairo.

Este vasto proyecto, dirigido y ejecutado por un ingeniero francés, es una de las más grandes obras de riego, y deja muy atras los gigantes-cos trabajos de esta índole, atribuidos á las antiguas monarquías egipcias.

A la extremidad del Delta, sobre los dos brazos de Roseta y Damietta, se hallan establecidos dos puentes esclusas; el primero, de 452 metros de longitud, se compone de 59 arcos; el segundo tiene 71, por una longitud de 522 metros. Estos arcos son ogivales, y mide cada uno cinco metros de abertura, y están cerrados por medio de maderos apoyados unos con otros con las puntas hácia arriba.

La elevacion de las aguas, producida por el muro ó presa, es en general de cinco metros, y puede llegar á seis y medio metros cuando las circunstancias lo exigen. En el medio de cada puente esclusa se encuentra colocado un arco marintero de 15 metros de anchura, con juego móvil y porta-batel para cerrarlo.

Dos esclusas de 47 metros de ancho, establecidas cerca de las orillas, permiten á los barcos pasar en todos tiempos de un lado á otro de la presa.



Esta presa, que hace refluir las aguas hasta el Cairo, permite completar la red navegable del Egipto y regar más de 100.000 hectáreas de este país.

El riego de esta inmensa superficie se hace por medio de tres canales, derivados del coronamiento de la presa, y sirven á la vez para el riego y la navegacion. El primero se dirige por la derecha del Nilo, el segundo por el centro del Delta y el tercero hácia Alejandría.

Los dos primeros tienen 100 metros de ancho y 60 el tercero. La altura del agua varía entre metro y medio á tres metros.

Tres cosechas, una tras otra, el cultivo de la caña de azúcar, del índigo y del algodón, han sido las consecuencias inmediatas de la obra de Mehemet-Alí.

Entre los griegos y los romanos, el riego tenía una gran importancia en la agricultura; aún se encuentran en Italia numerosos vestigios de trabajos de artes, acueductos y presas que estaban destinadas á dirigir las aguas y repartirlas por las praderas.

Los efectos bienhechores del riego están claramente indicados por Virgilio en los versos del primer libro de las *Geórgicas*, que traducido dice así:

«Mientras el sol abrasa las campiñas, y la



yerba seca y mata, el agua que de lo más alto de las colinas descende, regando la esplanada con suave murmullo, que resuena al choque de los guijarros, refresca los campos y la yerba renace.»

Entre los pueblos de la Edad-Media, ninguno alcanzó tanta importancia en los riegos como los árabes. Ellos fueron los que desarrollaron en Europa este gran recurso, continuando y engrandeciendo los trabajos de los romanos, creando en España numerosos canales y estableciendo reglas prudentes para el uso y distribución de las aguas.

En el norte de Italia es donde puede decirse que comenzó el renacimiento del arte de regar. Gracias á la union íntima de la ciencia y la práctica, no tardó en desarrollarse y engrandecerse; los trabajos de todas clases, ejecutados especialmente para el riego de las tierras, tomaron un carácter de importancia social tal que recuerdan los tiempos de esplendor del Egipto bajo los Faraones.

Al fin del siglo XII, el territorio milanés fué dotado de dos grandes canales, aún existentes, derivados del Tesino y del Adda. Más de cien mil hectáreas de terrenos areniscos y pedregosos fueron fertilizados por los riegos de las corrientes de agua creadas por el hombre.



No se sabe qué admirar más, si el resultado obtenido ó la infatigable perseverancia empleada para llegar al término de semejantes trabajos en que el arte de construcción estaba en la infancia. Para comprender esto, es necesario recordar que estos canales son contemporáneos de las vastas y admirables basílicas cristianas, y que unas y otras tuvieron por modelo las obras de los árabes.

Más tarde, gracias á la invención de las esclusas, debido al ilustre Leonardo de Vinci, el problema del establecimiento de canales de riego se ha simplificado notablemente. El riego del territorio milanés se completó en tiempo de Francisco Sforza, con la abertura de otros dos canales provistos de esclusas.

En muchos departamentos de Francia se encuentran utilizadas para canales de riego corrientes muy pequeñas de agua, pero que son bastantes á fertilizar las estrechas vegas que recorren, segun permite la disposición del terreno. Ejemplo que debia imitarse en España.

El canal más grande de riego que tienen nuestros vecinos data de la mitad del siglo XVI y lleva el nombre de su fundador Adam de Craponne. Este gran pensamiento, que debia hacer un dia la fortuna de sus compatriotas, tuvo para él las más funestas consecuencias. Completa-



mente arruinado, se puso al servicio del rey de Francia, y murió, según varios historiadores, víctima de un veneno que le hicieron administrar sus enemigos, envidiosos de su talento y probidad.

El canal de Carpentras, construido algunos años después, toma sus aguas, como el anterior, del río Durance, y riega una superficie de 27.000 hectáreas próximamente. El desarrollo del canal principal y de sus cinco principales acequias es de más de 60 kilómetros.

El gobierno belga, hace unos doce años, mandó ejecutar en *Campine* trabajos de riego cuyos resultados merecen fijar la atención.

La *Campine* es la parte de las provincias de *Anvers* y de *Limbourg*, comprendida entre el Mosa y el Escalda, en el punto donde estos dos ríos se encuentran más cerca, y está limitada al Norte por la frontera holandesa, y al Sud por la *Dyle* y la *Demer*. Esta vasta comarca, casi despoblada hace algunos años, contiene 200.000 hectáreas de terrenos improductivos. El gobierno ha emprendido su mejoramiento.

Un gran canal destinado á la navegacion y al riego lleva las aguas del Mosa por una gran parte de este país.

El canal y las acequias principales de derivacion han sido costeadas por el Estado. Las ace-



quias de segundo orden y el arreglo de las tierras por los particulares, ocasionándoles un gasto de 1.200 francos por hectárea. El beneficio líquido que obtienen desde el segundo año no baja de 130 francos.

En vista de estos resultados, el valor de los terrenos incultos se ha elevado rápidamente, y la hectárea de tierra, que se vendía difícilmente en 15 ó 20 francos, alcanzaba al poco tiempo un precio de 250 francos.

En la India bajo un clima abrasador, los riegos frecuentes y bien ordenados son indispensables á la agricultura. Así es, que el uso de ellos se remonta á la más remota antigüedad, confirmado por la ley de *Manou*, las epopeyas sanscritas y por las ruinas de algunas obras hidráulicas.

Diodoro de Sicilia habla en diferentes lugares de los riegos de las tierras por medio de canales derivados de los rios.

Strabon, despues de referir que el cultivo de los arrozales exigian riegos frecuentes, en la Bactriana y la Babilonia, dice hablando de la India: « Los magistrados tienen la inspeccion de los rios, del apeo de las tierras y de los canales formados por las esclusas, para contener el agua necesaria para el riego y distribuirla igualmente á todos los cultivadores, como se practica en Egipto. »



En efecto, en la ley de *Manou* se establece que la distribución de las aguas para el riego se hará por los notables de los pueblos.

El riego no siempre se hace por canales derivados de los ríos. Algunas pagodas tenían sus depósitos ó embalses destinados á la purificación; mas después que el servicio ú objeto del culto estaba satisfecho, el excedente de las aguas se destinaba á la agricultura.

Es probable que los *bracmanes* ó sacerdotes recibirían algún beneficio por estas concesiones. La existencia de estos depósitos ó estanques artificiales era un gran recurso para extender el cultivo y hacerlo provechoso. Un número considerable de ellos se encontraban por todas las partes de la India, y algunos eran tan grandes, que alcanzaban hasta 8 ó 10 kilómetros de circuito.

Al tiempo de la conquista inglesa, estos trabajos hidráulicos, en su mayor parte, estaban en ruina, y es de admirar la perseverancia y la energía con que la Inglaterra ha trabajado para el desenvolvimiento de los riegos en la India, y emprendido la ejecución de obras inmensas que son el más grande monumento de la civilización británica en aquel apartado continente.

Entre todas las grandes empresas figura en primer término el canal del Ganges, que fué



ejecutado bajo la direccion del hábil ingeniero sir Proby Cautley.

Para comprender la importancia del riego en la comarca que atraviesa el canal del Ganges, citaremos un pasaje del diario de un célebre viajero, Victor Jacquemont: « En el norte de la India, el invierno es generalmente muy seco, y la naturaleza del terreno, muy arenisco, le da cierta sequedad contraria á la vegetacion, y sólo por el riego pueden obtenerse dos cosechas al año. »

« La cosecha del estío está siempre asegurada por las lluvias periódicas del solsticio. Mas el invierno es muy precario por la falta de sazón de los campos, y hay muchas leguas donde no siembran como no puedan ser regados. »

Desde hace mucho tiempo existian multitud de pozos ó depósitos establecidos en las partes bajas del terreno, de donde elevaban el agua por medio de máquinas simples; mas por este medio, y á costa de grandes fatigas, no obtenian sino cortas cantidades de agua, que no eran bastante á beneficiar la agricultura, y el gobierno inglés tuvo la feliz idea de aprovechar la disposicion general del país para el establecimiento de grandes riegos, que permiten más regularidad y ménos dispendio.

A este fin hizo reconstruir muchos canales,



antiguamente abiertos por los soberanos mahometanos de la India, abandonados despues de muchos siglos; los dos principales están á las orillas del rio Jumna, situado en la vertiente meridional del Himalaya, que recorre la vasta comarca de *Nepaul*.

Gracias á la abertura de estos dos canales, las cosechas de invierno, no sólo han sido aseguradas, sino que muchos terrenos cuya aridez no permitia más que débiles semillas, están convertidas hoy en frondosas huertas, repartidas por todo el territorio regado.

En vista de tan maravillosos resultados, los ingleses emprendieron la construccion de un canal gigantesco de numerosos brazos, destinado á llevar las aguas del Ganges á la vasta comarca del *Doab*, comprendida entre los montes *Sewaliques*, el Ganges y el Jumna.

La toma del agua de este canal se ha hecho de un brazo secundario del Ganges, cerca de la ciudad de Hurdwar. Dos compuertas movibles, la una sobre el canal y la otra sobre el brazo del rio, permiten regularizar la introduccion del agua.

Despues de un trascurso de cerca de 300 kilómetros, este canal se divide en dos brazos: el uno va á juntarse con el Jumna, y el otro con el Ganges en *Cawnpoor*.



La longitud total del canal y sus dos ramales es de 840 kilómetros. Otros tres brazos contruidos posteriormente han completado este vasto sistema de riego, y alcanzan una longitud total de 1.430 kilómetros. La extension de la superficie regada se eleva á 1.800.000 hectáreas.

En la ejecucion de estos trabajos han tenido que superar inmensas dificultades. Ya ha sido necesario salvar un torrente elevando las aguas por medio de un puente, ya atravesar montañas; más allá franquear un valle sobre un terraplen de muchos kilómetros. Así es, que las obras de fábrica son numerosísimas; dejando los diques, se cuentan 902 puentes, 297 alcantarillas, 16 saltos, 21 esclusas con aberturas navegables. El gasto total ha pasado de 40 millones de francos, y debe tenerse en cuenta que en la India la mano de obra no cuesta la octava parte que en España.

El agua se distribuye á los terrenos próximos al canal por medio de canales secundarios, brazales y acequias.

Desde los primeros años ha dado grandes beneficios al gobierno inglés. En el día, los productos directos del canal y sus dependencias ascienden á más de dos millones de francos; y los indirectos, resultado del importe de las contri-



buciones, son cinco veces mayores. De modo, que por un gasto total de 40 millones en la canalizacion del Ganges, el gobierno recibe 12 cada año, ó sea un interes de 30 por 100 del capital. Es imposible imaginar una empresa más beneficosa, debiéndose tener en cuenta que al mismo tiempo la riqueza del país se ha aumentado en una proporcion inmensa. El ejemplo de este doble beneficio es digno de que fuese imitado por los gobiernos de otros pueblos.

El canal del Ganges no está destinado solamente al riego; está dispuesto de manera que permite la navegacion en toda su longitud; entre Hurdward y Cownpoor, el canal lateral ofrece una vía más segura y fácil á la navegacion que el rio, donde en ciertos puntos es muy difícil y peligroso por sus bajos fondos y rápidas corrientes.

Por último, este canal, que recibe las aguas sagradas del Ganges, ofrece otro tercer uso que los indios aprecian como de la mayor importancia, cual es para las innumerables abluciones que imperiosamente marca la ley religiosa del país.

A este objeto, en muchos puntos del canal hay inmensas escaleras, llamadas *ghauts*, que miden cada una de ellas, por lo ménos, una longitud de 4.000 metros; á las orillas hay



construidos de trecho en trecho baños de fábrica que llaman *Bytucks*, en los cuales los *faquies* se meten en la época de la purificación para hacer sus oraciones y pedir limosna.

Víctor Jacquemont, ya citado anteriormente, refiere detalles curiosos que vamos á reproducir:

« El sol estaba alto y daba sobre los *ghauts* que hay á los bordes del río, yo miraba la multitud de indios hacer sus abluciones de mañana. Me aproximé á la orilla para observar estos grupos pintorescos. Algunos de estos *ghauts*, contruidos nuevamente, son de un estilo griego bastante elegante; son unas largas escaleras situadas á las márgenes del río, y cuyos escalones llegan hasta las más bajas aguas. En la parte superior, una especie de peristilo sostenido por columnas ligeras, sirve de abrigo contra la lluvia y el sol.

» Los devotos indios se bañan por centenares todas las mañanas, aunque no hacen estas marchas sólo por entrar en el agua; y la piedad y el orgullo anima á la mayor parte de aquella muchedumbre que cubre la orilla del río. La gente rica tiene grandes baños con bañeros y bañeras, con chozas enrejadas, á las que bajan en sus palanquines dentro del agua; esta es una circunstancia la más aristocrática que puede haber en Benarés.



» Cerca de algunos *ghauts* están los bracmanes sobre un área de tierra batida y mezclada cada día de estiércol de vaca. A los indios que vienen á purificarse les hacen decir sus oraciones y los pintan de color sobre la frente ó las sienes, á cada uno segun su casta. »

El Ganges es sagrado para los indios, sobre todo cerca de Hurdward, donde el rio vierte sobre el territorio del Indostan las nieves derretidas del Himalaya. Por esto los peregrinos afluyen á esta ciudad durante el mes de *Chaitra*, consagrado á las purificaciones.

Estas comienzan en el momento en que el sol entra en el signo de Píscis, y como la prioridad del baño es de la mayor importancia bajo el punto de vista religioso, en el instante preciso fijado por los astrónomos indios, ya sea de día ó de noche, una inmensa muchedumbre se precipita al agua, siendo causa esta precipitación de numerosas desgracias, y muchos peregrinos son ahogados y estropeados. En 1819, el entusiasmo insensato de este fanatismo causó tal desórden, que perecieron más de quinientas personas.

Las personas discretas y ricas evitan esta confusion y entran en el rio entre dos *bracmanes*, que los sostienen y sumergen con las oraciones y ceremonias prescritas; pero en gene-



ral, los peregrinos se arrojan, hombres y mujeres, todos confundidos y sin precaucion alguna.

Cada doce años, una gran fiesta religiosa atrae una concurrencia extraordinaria, y se calcula en dos millones el número de peregrinos que se reunen en Hurward para esta fiesta en la época de las purificaciones.

La distinta profundidad del agua era otras veces causa de muchas desgracias; con el canal este grave inconveniente ha desaparecido, y una reja de hierro, colocada á 45 metros de la orilla evita, á los imprudentes el ser arrastrados por las aguas.

Considerada simplemente bajo el punto de vista religioso, la construccion del Gánges tiene para la dominacion inglesa una gran importancia; este respeto á las costumbres religiosas del país conquistado, ha dado por resultado el contrarrestar los esfuerzos de los fanáticos, y asegurar en su consecuencia, mejor que con una poderosa armada, la paz y prosperidad de esta inmensa comarca, cuyos habitantes son tres veces más numerosos que los de Inglaterra, Escocia é Irlanda reunidos.

Los Incas del Perú, los mejicanos y los indios, de 600 leguas al norte de Méjico, tenian grandes canales para el riego de sus tierras, cuyos restos duran aún abandonados.



CAPÍTULO VII.

Historia de los canales de riego y navegacion en España, desde los romanos hasta nuestros dias.—Período floreciente de la dominacion árabe.—Conquista de Valencia por D. Jáime I de Aragon.—Nuevos canales y proyectos en distintos reinados.—Canales proyectados en Talavera de la Reina y Mérida.

El aprovechamiento de las aguas para el riego de las tierras debió tener su comienzo en España en la época de la dominacion romana. Sabida es la aficion de aquel pueblo á la agricultura, y los ejemplos que nos presenta la historia de muchos ilustres guerreros, como Quincio, Cincinato, Fabricio. Lucino y Curio Dentato, que despues de asegurar la dignidad y el honor de la República con gloriosas victorias, se retiraban á sus heredades para dedicarse al cultivo de las mismas; y si bien sus sucesores, en tiempo del imperio, dominado sus espíritus por la ambicion, miraban con desprecio estos dignos ejemplos de sus mayores, y una profesion tan importante para la subsistencia del Estado, no obstante, merced al conocimiento que ellos tenían de estas obras, adquirido de los griegos y egipcios, debieron ejecutarse algunas en nuestro suelo.



Varios testimonios pueden aducirse en confirmacion de ello. Las derivaciones del Francolí, hechas para el riego de las huertas de Constantí y Tarragona, son contemporáneas del célebre acueducto de esta ciudad.

La acequia condal, en el rio Besos, término de Moncada, es considerada como obra romana.

Vich fué llamada por los romanos *Vicus aquarius*, por la mucha agua que la fecundaba.

Bendicho, en la crónica inédita de la ciudad de Alicante, dice que en el despoblado de Campillos, á dos leguas de aquella ciudad, existian en 1630 albercas con que se regaban las tierras, hechas por los romanos.

Trágia, en su *Aparato de la Historia Eclesiástica de Aragon*, cita los trozos bien conservados de un acueducto romano de riego, cuyas aguas se tomaban del Túria ó Guadalaviar, entre Cella y Santa Croche.

El canónigo D. Juan Lozano, dice que el azud ó gran dique, que está á legua y media de Murcia, rio arriba, que reparte las aguas para regar las huertas y campo de aquella ciudad, es obra romana.

Cavanilles cita en el término de Chelva unas ruinas que eran obras de romanos, destinadas para el riego de los campos.



Y por último, es considerada como tal, por excelencia, en la localidad, la acequia Cerrajera en el Orbigo.

Sustituyó á los romanos en la dominacion de nuestro suelo, un pueblo pastor y guerrero, y consecuencia necesaria debió ser el decaimiento de la agricultura. Así se colige por el sentido de las obras de escritores de aquellos tiempos, sin que baste á desvirtuar esta creencia, el atribuirse á los visigodos la construccion de un canal en el Rosellon, al pié de los Pirineos.

Vencidos por los árabes, que se extendieron por toda la península hasta las montañas de Astúrias, debió trascurrir un período no corto, cual fué hasta tener asegurada su dominacion y encontrarse ellos en paz de sus luchas y rivalidades de mando. Ocupado el trono sarraceno de España en el año de 911 por Abderrahman Alnaser Ledinala, consiguió extinguir las continuas guerras civiles que tanto habian incomodado á sus antecesores, dilatar su imperio por los términos de la Mauritania, y mantener la paz por muchos años con los demas príncipes de la península. Habiendo venido muchas gentes de África en los años de 916, 921 y 938 para auxiliar á Abderrahman, se hubo de quedar gran parte en su reino, atraída de la bondad del soberano y calidad del clima y del terreno, que



llevaba grandes ventajas al suyo; y las seguras noticias de todo, y de los grandes beneficios que experimentaban, animaria á muchos otros á seguir su ejemplo. Aumentada así la población, y considerando que no podia asegurar la felicidad del Estado si no procuraba el mejoramiento de los pueblos y los particulares, es indudable que en su largo reinado de 50 años fué cuando se construyeron la mayor parte de las obras de riego que nos legaron los sarracenos.

Dice Conde en su historia de los árabes:

«En Écija se construyó, de orden del rey, una acequia de riego y un abrevadero magnífico, y se acabó la obra al principio del año 338, y el gobernador de la ciudad y de su comarca puso una elegante inscripcion que dice así.»

«En el nombre de Dios clemente y misericordioso mandó el Príncipe de los fieles, engrandézcale Dios, Abderrahman hijo de Muhamd, construir esta azequia, esperando los premios de Dios omnipotente, glorioso y dador de todo bien, y se acabó esta obra con ayuda de Dios por manos de su siervo y Amid Omeya ben Muhamad ben Someid en la luna de Muharran, año 338.»

Muerto Abderrahman, le sucedió su hijo Alhakem-Almostansir, que reinó desde 961



hasta 976, siguiendo las huellas de su padre.

«Mandó empadronar los pueblos de sus Estados, y habia en España seis ciudades grandes, capitales de las capitanías, 80 de mucha poblacion, 300 de tercera clase, y las aldeas, lugares, torres y alquerías eran innumerables: sólo en las tierras que riega el Guadalquivir habia 12.000; dicen algunos que se contaban en Córdoba 200.000 casas, 600 mezquitas, 50 hospicios, 80 escuelas públicas y 900 baños para el comun. Las rentas del Estado valian cada año 12 millones de mitcales de oro, sin contar las rentas de azaque, que se pagaban en frutos. Se beneficiaban muchas minas de oro, plata y otros metales por cuenta del rey, y otras por particulares en sus posesiones; eran muy ricas las de los montes de Jaen, Bulche y Aroche, y las de los montes del Tajo en Algarbia de España. Habia minas de piedras preciosas, dos de yacut rojo, ó de rubíes, á la parte de Beja y de Málaga. Se pescaban corales en las costas de Andalucía y perlas en la de Tarragona. En la larga paz que mantuvo el rey Alhakem se fomentó la agricultura en todas las provincias de España; se labraron acequias de riego en las vegas de Granada, Murcia, Valencia y Aragon; se construyeron albuheras ó lagos para riego, y se hicieron diversas plan-



taciones de toda especie, como convenia á la calidad y clima de las provincias. En suma: este buen rey mudó las lanzas y espadas en hachas y rejas de arado, y convirtió los ánimos guerreros é inquietos de los musulimes en pacíficos labradores y pastores. Los más ilustres caballeros se preciaban de cultivar por sus manos sus huertos, y se holgaban los cadíes y alfaquíes en la apetecible sombra de sus parrales; todos iban al campo y moraban en las aldeas, dejando las ciudades. cuáles en la florida primavera, cuáles en el otoño y al tiempo de sus vendimias. Muchos pueblos, siguiendo su natural inclinacion, se entregaron á la ganadería y conservaban la antigua vida de los bedawis, y trashumaban de unas provincias á otras, procurando á sus rebaños comodidad de pastos en ambas estaciones.»

Hemos citado estos datos históricos en confirmacion de la época en que durante la dominacion árabe debieron hacerse en España la mayor parte de sus obras, particularmente de las de riego, y no hay duda que lo fueron en el siglo X.

↓ En el año de 977 se acabaron en Écija los acueductos que allí se hacian de órden de la reina madre, y se grabó una inscripcion en piedra, que decia: « En el nombre de Dios cle-



mente y piadoso mandó edificar esta acequia la señora, engrandézcala Dios, madre del príncipe de los creyentes, el favorecido de Dios Hixem, hijo de Alhakem, prolongue Dios su permanencia, esperando por ella los premios de Dios copiosos y las mercedes grandes; y se acabó con ayuda de Dios y su auxilio, por manos de su artífice y prefecto Sahib Xarra, cadí de los pueblos de la cora ó comarca de Écija y Carmona y dependencias de su gobierno Ahmed-ben-Abdala-ben-Muza, y esto en la luna Rebie postrera del año 367.» Que es el que corresponde al de la era cristiana que hemos citado.

Los historiadores sarracenos no cuentan que este inagotable manantial de riquezas mereciese aprecio á los reyes que gobernaron en la primer y tercer época, y ya hemos visto cómo lo hacen de la segunda, particularmente de Abderrahman-Alnaser-Ledinala y Alhakem-Almostansir-Bilah.

Conquistada Valencia por D. Jáime I de Aragon, repartió las alquerías y propiedades de los moros entre los capitanes y barones que le habian acompañado en la conquista. A 4 de las calendas de Enero de 1238, hizo donacion á los habitantes de Valencia de todas las acequias, segun se consigna en uno de los fueros



del Código legal que dió para el gobierno de aquel reino, dándoles facultad de usar libre y continuamente de sus aguas, añadiendo: *segun antiguamente se estableció y acostumbro en tiempo de los sarracenos*; y en otro manda que si se hubieran de componer los partidores, se rompieran los cajeros de las acequias, ó aruinasen las esclusas, se compusieran ó reedificasen, *segun el modo, la forma y el estado antiguo*.

Las donaciones fuéron hechas en cumplimiento de la oferta que en las Córtes celebradas en Monzon en el año de 1236, en que, manifestando su determinacion de emprender la conquista del reino de Valencia, ofreció á los que le sirvieran en esta empresa darles parte de la tierra que conquistase.

El rey conquistador no sólo reglamentó los usos y costumbres observadas por los árabes para el riego, sino que promovió la construccion de nuevos canales en el Fúcar, el Ter y el Ebro.

El emperador Cárlos V dispuso en 1528 que se creasen regadíos en Aragon, Valencia, Cataluña y Navarra, para aumento de la poblacion y riqueza.

Los Jurados de la ciudad de Zaragoza emprendieron la obra de una acequia derivada del



Ebro, con los recursos de sus propios y arbitrios; mas no bastándoles, suplicaron al emperador que se dignase tomar y llevar adelante la obra por su cuenta, contestándoles el monarca por carta desde Toledo en 30 de Noviembre del citado año de 1528, y dando orden á Mosén Pedro Zapata, prior del Santo Sepulcro de Calatayud, que confriese los medios con los Jurados de Zaragoza. Á su paso por dicha ciudad, en 1529, accedió á aquellos deseos, tomando desde entónces el nombre de Canal Imperial. Se llevó adelante la empresa hasta 1534, en que envió desde Palencia á D. Gaspar de Bañuelos por gobernador y administrador del Canal, escribiendo á la ciudad, con fecha 21 de Agosto, para que á dicho comisionado se le admitiera y ayudase en cuanto fuese necesario. Siguió la obra hasta el año de 1538, y despues con interrupciones en los de 1577, 1587 y 1654.

Varios fueron los proyectos que en este reinado se concibieron de navegacion de rios y aperturas de canales, pues á más del citado Imperial, se pensó en el de Urgel, Jarama y Manzanares, y en la navegacion del Guadalquivir y Tajo; pero la política invasora y de conquista de aquel monarca tenía al reino en decadencia, falto de recursos, arruinado el cul-



tivo de muchas provincias y sin caminos para comunicarse, circunstancias que hacen imposible el progreso moral y material de los pueblos, y claro está que todo se quedó en proyecto.

Aunque Felipe II siguió con fría tenacidad las tradiciones guerreras de su padre, se llevaron á cabo, no obstante, bajo su reinado, las importantes obras de los pantanos de Alicante, Elche y Almansa, y las de riego de las vegas de Aranjuez.

En el año 1524 se había tratado de hacer navegable el Guadalquivir hasta Córdoba, y habiendo el maestro Fernan Perez de Oliva escrito sobre las utilidades y medios de verificarlo, un discurso que leyó públicamente en el ayuntamiento de aquella ciudad, se consultó el proyecto con Felipe II; se encontró practicable, y aún se mandó ejecutarlo, concluidos que fuesen otros más difíciles de que entónces se trataba. Promoviósse despues la misma idea en 1628, en la privanza del Conde-Duque, «quien envió á Córdoba personas peritas, que tanteadas las dificultades y vencidas con el arte muchas, dieron principio á navegar ó hacer navegable el rio.»

En el año de 1566 mandó Felipe II venir de Milan á Juan Francisco Sittoni, famoso inge-



niero, para que reconociese la acequia Imperial, y con su parecer se perfeccionase esta grande obra. Antes habia dispuesto que la visitase el canciller D. Bernárdo de Bolea, quien dejó en 12 de Mayo del mismo año una instruccion en el lugar de Grisen, la cual tuvo presente el ingeniero italiano para formar la puntual y juiciosa relacion que presentó al rey en 15 de Agosto de dicho año. A pesar de todo esto, quedó por entónces abandonada la prosecucion de la famosa acequia.

Hácia el primer tercio del siglo XVI se pensó en juntar por medio de un canal el Guadalquivir con el Guadalete. Otro de los proyectos del reinado de Felipe II fué la union de los rios Oria y Urumea, á fin de establecer la navegacion entre San Sebastian y Tolosa. Proyecto que fué reproducido en la junta general de Guipúzcoa en 1772.

El Ebro era navegable en tiempo de Plinio hasta Logroño, á 65 leguas del mar. En el siglo XII, de órden del emperador D. Alonso, y para reprimir los moros, se echaron en Zaragoza galeras y *buzas*. Zurita refiere, que en el XV vino embarcado por Ebro el rey D. Juan desde Navarra. Junto el reino de Aragon en Córtes en tiempo de Carlos II, se trató detenidamente de hacer el Ebro navegable; se mandaron practi-



car visuras y levantar planos, enviando ingenieros; mas por falta de caudales, no se efectuó el proyecto que éstos hallaron asequible. En 1738 se hizo nuevo reconocimiento desde Zaragoza al mar sin consecuencia alguna, á pesar de haber vuelto á tratar del mismo asunto la Sociedad Aragonesa, autorizada por el gobierno en 1778.

La navegacion desde Lisboa á Alcántara por el Tajo se abrió en 1580. Aprobado despues el proyecto de Antonelli, célebre ingeniero, continuaron las obras para hacer navegable el rio hasta Toledo; y en efecto, ya lo estaba en 1588. En el reinado de Felipe III cesó la navegacion entablada, y aunque se promovió el pensamiento de restablecerla en 1640 desde Toledo á Alcántara; en tiempo de Cárlos II, entre estos dos mismos puntos, abriendo despues canales de Madrid á Aranjuez, y de Aranjuez á Alcalá; y en 1755, desde Toledo á Talavera, y aún aguas arriba hasta la sierra de Cuenca, nada se puso en planta, y los reconocimientos de los ingenieros enviados en las tres épocas, con los planos que levantaron, han quedado sólo para ilustracion de la topografía física de una parte de España.

En tiempo de Cárlos III se llevó á efecto la construccion de una gran parte del canal de Castilla, iniciado en tiempo de Fernando VI,



la prolongacion de la Acequia Real del Fúcar hasta la Albufera, el canal marítimo de Cherta y los dos pantanos de Lorca. El canal de Guadarrama y el de Manzanares reunidos, debian establecer la navegacion continuada desde las faldas de aquel nombre hasta Aranjuez; pero ambas obras, comenzadas en este reinado, quedaron sin efecto. El de Guadarrama, que tomaba sus aguas en TorreloDONEs, á cinco leguas Norte de Madrid, no tiene uso alguno. Se habian ejecutado más de cuatro leguas de excavacion, y construido una presa que reventó ántes de servir. El de Manzanares, proyectado desde D. Juan I, salia de este rio, cerca del puente de Toledo, á las puertas de Madrid; pero desde un principio se abrió con mil errores, y como no tenía más aguas que las filtraciones superficiales del rio, carecia del curso necesario, habiendo sido conveniente cegararlo. El de Jarama fertiliza extensos terrenos en esta provincia, y produce abundantes cosechas y frutos. Por último, en 1772 se puso al frente de todas las obras del Canal Imperial, el Sr. D. Ramon Pignatelli, canónigo de Zaragoza, teniendo la gloria de dar cima á ellas, venciendo con su constancia y carácter cuantas dificultades se le oponian, haciéndose por ello digno de inmortal memoria para sus compatriotas.



En 1794 se hicieron algunos reconocimientos en Astúrias, y se levantaron planos para la navegacion del rio Nalon, desde Laviana, al S. de Pola, hasta la ria de Právia. El proyecto de comunicar el Miño con el Océano, ocupaba á la Sociedad Económica de Santiago, y en 1791, el capitan de navío, D. Eustaquio Giannini, escribió una Memoria sobre sus ventajas y medios de realizarlo.

La construccion del canal para el riego de la vega izquierda del Llobregat, y la prolongacion de una parte del de Castilla, se realizaron durante el reinado de Fernando VII.

Desde mediados de este siglo hasta el dia se han terminado las obras del canal de Castilla, y construido los de riego de Urgel, Henares, Esla, Cherta, y el de abastecimiento y riego del Lozoya.

Muchos é importantes son los proyectos que existen, entre los que citaremos los varios de la cuenca del Ebro, que deben regar una gran superficie. El de Talavera de la Reina, que comprende una vega de 8.000 hectáreas de fértil suelo, donde, merced á ello y á la bondad del clima, pueden cosecharse abundantes cuanto variados y sabrosos frutos. El de Mérida, cuyo embalse en Orellana la Vieja le permitiria regar las extensísimas vegas del Guadiana á de-



recha é izquierda desde la ciudad de aquel nombre hasta Badajoz. Y otros que ño mencionamos, pero no dejaremos de llamar la atención del Gobierno, á fin de que promueva, por cuantos medios crea pertinentes, la realizacion de esas obras, que tanta riqueza y bienestar pueden proporcionar al país.



CAPÍTULO VIII.

Consideraciones sobre la conduccion y distribucion de las aguas para el abastecimiento de las poblaciones.—Cantidad necesaria.—Calidad.—Filtracion.—Ventajas de los procedimientos modernos sobre los antiguos.—Algunas obras hidráulicas de los romanos.—Rueda para elevar el agua.—Termas.—Acueductos.—Neumaquias.—Albuerras.

Los antiguos, que ignoraban la variedad y el refinamiento del lujo, debidos á los progresos de la civilizacion, consagraban sumas enormes á la conduccion de las aguas, para el establecimiento de fuentes y baños públicos. En todas las ciudades cuyo oríger se remonta á la dominacion romana, se encuentran aún restos ó vestigios de gigantescos acueductos, que no dejó jamás de construir aquel pueblo guerrero, donde quiera que fijó su planta de una manera permanente. En su patria, como en los países dominados, las salas de las termas eran el verdadero lujo de las habitaciones romanas.



En los tiempos posteriores, gracias á los progresos de la ciencia y de la industria, el agua ha encontrado nuevos empleos: los trabajos hidráulicos se ejecutan con más facilidad y ménos dispendio; y por lo mismo, cosa rara, ño se realizan trabajos de aquella importancia, sino que dejamos destruir las magníficas obras de los antiguos.

El arte de la conduccion y distribucion de las aguas requiere conocimientos muy especiales y extensos para la acertada solucion de estas cuestiones. El encargado del estudio de un proyecto de distribucion debe tener en cuenta, no sólo la cantidad de agua necesaria al consumo, sino la calidad, bajo el punto de vista higiénico.

Esta cuestion, en lo que concierne á la influencia de las materias que las aguas contienen en disolucion, es más de la competencia del químico y del médico. Respecto á las materias insolubles que se encuentran en suspension en las aguas, no se pueden desprender de ellas sino por la filtracion, operacion que, realizada en grande escala, ofrece dificultades de importancia.

Resueltas estas cuestiones preliminares, se presenta la determinacion de la direccion y diámetro de los diversos conductos necesarios á la



distribucion, así como al establecimiento de los depósitos.

La construccion de un sistema [general de cañerías es frecuentemente la consecuencia inmediata de los trabajos de distribucion. Si el agua es casi siempre beneficiosa, algunas veces es perjudicial, como por ejemplo, cuando se encuentra sobre la superficie del suelo corrompida por las materias extrañas que contiene, en cuyo caso debe hacérsele desaparecer.

Uno de los objetos principales de la distribucion del agua es el abastecimiento de los pueblos, y no será bien cumplido si aquella no se hace llegar á todas partes.

El agua que se necesita distribuir no se encuentra siempre á una altura conveniente, y es necesario elevarla por un procedimiento artificial. Son muy diversos los aparatos que se usan á este fin; y segun los casos, el movimiento podrá serles transmitido por motores animados, ya por el hombre ó por animales, ó por motores inanimados, como el viento, el agua, el vapor.

Para el establecimiento de una distribucion de agua, se necesita el conocimiento de aquellos estudios para esta clase de obras, y puede decirse que la teoría es indispensable. Sin duda que los romanos hicieron magníficas distribu-



ciones de agua sin tener las más vulgares nociones de la hidráulica. No obstante, la diferencia entre aquellas distribuciones y las que se hacen con un conocimiento exacto de la teoría y de los mejores conocimientos prácticos, acusará siempre una gran diferencia en los gastos.

La cantidad de agua necesaria para los distintos usos á que se destina [en una poblacion, varía necesariamente segun los climas y las costumbres locales.

Por término medio, segun los médicos, una persona consume por dia, próximamente, dos litros de agua. La necesaria para el aseo y demas usos se calcula en 18 litros, por lo tanto el agua que se debe suministrar por persona es de 20 litros.

Algunas industrias, como las tintorerías, cerveceras, baños y lavaderos, necesitan grandes cantidades de agua. Asimismo los animales domésticos, los caballos sobre todo, tan numerosos en las grandes ciudades, la alimentacion de las máquinas de vapor y el riego de los jardines; teniendo en cuenta todos estos consumos, que pueden considerarse en proporcion con el número de habitantes, el término medio del consumo por persona se eleva [á 50 litros. En estos cálculos no se comprende el agua, que en cantidad muy variable, se aplica para el riego



de las calles, la limpieza de las alcantarillas, las fuentes monumentales ó de lujo, juegos de agua, etc.

El agua natural que se encuentra á cierta profundidad de la superficie del suelo nunca está pura; siempre contiene sales en disolucion y materias insolubles en suspension.

Cuando la cantidad de sales que contienen disueltas es considerable, debe renunciarse á su uso, pues estas sales no pueden separarse sino por procedimientos químicos, muy costosos aplicados á grandes masas.

Si las materias en suspension no son perjudiciales á la salud, y sólo desagradables al paladar, é inconvenientes para ciertos usos, pueden utilizarse dejándolas reposar y filtrándolas.

El carácter más esencial, y al mismo tiempo el más sencillo para reconocer si un agua es buena ó mala, es el olor y el sabor. Perfectamente límpida y pura al análisis químico puede ser un agua, y si tiene un olor ó gusto desagradable, debe renunciarse á ella.

Puede considerarse generalmente como buena y potable un agua que es fresca, límpida, sin olor; de sabor ligero y no desagradable, ni sosa, ni salada, ni dulce; que contenga pocas materias extrañas, y cantidad suficiente de aire en



disolucion, que forme espuma con el jabon y cuezca bien las legumbres.

Una lijera proporcion de ácido carbónico le da un sabor más agradable al mismo tiempo que facilita las funciones digestivas por una lijera excitacion. La influencia del oxígeno disuelto se considera como muy favorable, y su ausencia en las aguas provenientes de manantiales alimentados por las nieves, son causa de enfermedades endémicas, particularmente en los valles de los países montañosos.

Las materias orgánicas en disolucion en el agua se descomponen en seguida y ocasionan gran número de enfermedades. Así es, que un agua potable será tanto mejor cuanto menor sea el número de estas materias.

Cuando contiene más de una milésima de sal calcárea en disolucion, se considera inconveniente para los usos ordinarios de la vida; no obstante, el bicarbonato de sosa en pequeña cantidad puede ser útil en ciertos casos para la digestion y para combatir los excesos ácidos de los jugos gástricos.

La existencia de otras sales en disolucion en el agua está considerada generalmente como perjudicial, siempre que la proporcion exceda de un gramo por litro.

Despues de la pureza química del agua, la



consideracion más importante para la higiene es la temperatura. Las aguas de fuentes cuya temperatura es constante, tienen la ventaja de beberse cálida en el invierno y fria en el verano; con las de rio sucede lo contrario, están frias en el invierno y calientes en el verano.

Las aguas naturales contienen entre las sales en disolucion materias en suspension. Este inconveniente se presenta por lo general en las grandes corrientes de agua sujetas á crecidas accidentales; las aguas que se precipitan en los rios arrastran las partículas más lijeras del suelo por que han corrido, y estas materias, de una densidad mayor que la del agua, se mantienen en suspension por un fenómeno mecánico curioso, y que es probablemente por la diferencia de velocidad de las capas líquidas.

Esta causa no existe cuando el agua está en reposo y todas sus capas tienen la misma velocidad; las materias estrañas se depositan entón-ces, pero de una manera variable segun su densidad. Cuando las aguas están muy cargadas de cieno, pueden á las veinticuatro horas haber posado la mayor parte, pero nunca lo bastante para encontrarse perfectamente límpidas. Las materias cuya densidad difiere poco de la del agua se sostiene mucho tiempo en suspension, y no hay otro remedio para separarlas que la filtracion.



Esta operacion consiste en hacer pasar el agua turbia á traves de una especie de criba cuyos poros son bastante pequeños para no dejar paso á las materias sólidas y sí sólo á las líquidas.

Los diversos aparatos empleados para filtrar las aguas en pequeña cantidad, que dan buenos resultados en cuanto á la calidad, no son aplicables á grandes masas de agua en razon á lo costosísimo que serian.

Los procedimientos empleados para la filtracion en grande escala descansa sobre el mismo principio; hacer pasar el agua á traves de una capa de arena más ó ménos espesa y recogerla despues. Esto no es más que una imitacion de las filtraciones naturales, de las que diremos algo.

En el fondo de las galerías permeables, á lo largo de ciertas capas de agua, se obtiene un líquido perfectamente límpido por la filtracion de las capas que se encuentran entre estas galerías y la corriente de agua.

Pero el resultado de esta filtracion natural no es completo sino cuando el agua lleva cierta velocidad á lo largo de la superficie filtrante. En realidad, esta condicion no se realiza siempre: así un rio puede correr entre una capa de gravas muy gruesas para filtrar las aguas, mientras que la capa filtrante se encuentra directa-



mente debajo; en este caso, se comprende que el agua en contacto con esta capa filtrante pueda no tener una velocidad suficiente para arrastrar el cieno en suspension, que irá penetrando por los poros y acabará por obstruirlos. En una palabra, para que un filtro natural pueda dar paso al agua, es necesario que el limo ó cieno del agua filtrada pueda ser arrastrado por la que no lo es.

En la mayor parte de los casos no se hace otra cosa que detener el agua en los depósitos más ó ménos tiempo, para que se desprendan de las materias más groseras que contienen.

La existencia de estas materias en suspension en el agua no es un inconveniente muy grave, pues se las puede separar en su mayor parte por un reposo bastante prolongado, acabándolas de purificar por pequeños aparatos de filtracion ó por verdaderos estanques de filtracion.

El problema de la conduccion y distribucion de las aguas se presenta en el dia en condiciones muy distintas que en la antigüedad, y particularmente entre los romanos, autores de esos magníficos trabajos, de los que se encuentran por todas partes ruinas importantes. Cuando los antiguos habian de conducir el agua á grandes distancias, no tenian otro recurso que un acueducto de fábrica, de una construccion sencilla



en general, ó los tubos de plomo, muy pesados y costosos.

Aquel era el más maravilloso que conocían y lo empleaban casi siempre en el paso de los valles, teniendo para los arquitectos la ventaja de necesitar obras gigantescas, propias para asombrar los espíritus y penetrarlos de admiración hacia los constructores. Pero en nuestros días la imitación completa de los procedimientos seguidos por los antiguos, sería, bajo el punto de vista económico, un hecho indisculpable. Gracias á los progresos de la industria, tenemos sobre ellos la inmensa ventaja que ofrece en la mayor parte de los casos los tubos metálicos. El empleo de la fundición constituye un progreso enorme en el arte de conducción de aguas. En virtud del perfeccionamiento que la ciencia introdujo hace tiempo en los procedimientos de fabricación, el precio de este metal disminuye constantemente, y las cañerías de fundición no cuestan en el día la mitad de lo que costaba hace cuarenta años. Si se compara el precio actual de una cañería metálica con las de plomo que usaban los antiguos, se encuentra una diferencia tan grande, que no sería menos de treinta veces mayor.

Cuando hay necesidad de atravesar un valle, la construcción de un acueducto entraña la de



un muro destinado á soportarlo. La economía, la elegancia, y muchas veces la necesidad de dejar paso á una corriente de agua, ó vía de comunicacion, exigen que el muro esté formado por arcadas. De aquí los magníficos acueductos que los romanos dejaron en todos los países donde dominaron; y si bien son dignos de nuestra admiracion, no debemos por cierto imitarlos.

La construccion de estas obras, de gastos muy considerables, se evita completamente con la tubería; bastando disponer los tubos en forma de sifones y hacerles seguir las sinuosidades del terreno.

Las ventajas de los tubos sifones sobre los puentes acueductos es tan considerable, que en una época en que el arte de construir los tubos estaba en la infancia, los arquitectos romanos lo usaron en muchos casos, como se infiere de los restos encontrados en muchos de nuestros pueblos, que citaremos, así como algunas de las distintas obras hidráulicas de los romanos.

Dice Cornide, al hablar de Talavera la Vieja:

«En esta villa, ó frontero de ella, está en medio del rio Tajo, un edificio acudado de piedra labrada, y en él un canal do parece que andaba rueda de agua, que la subia é vertia en un arca de piedra menuda é cal, é por la parte de aden-



tro está toda embetunada y della se van repar-
tiendo por todo el circuito que toma la cerca
muchos caños de plomo, que parece servian del
repartimiento del agua.»

En las ruinas de las termas de Alange, en
los restos del acueducto de Mazarambroz, y en
el acueducto subterráneo de Jerez de la Fronte-
ra, se encontraron cañerías de plomo.

Los romanos desplegaban gran lujo en los
baños ó termas que construian con gran profu-
sion, no sólo públicos, sino particulares; las
más notables, segun se descubre por sus ruinas,
fueron las de Alange (Badajoz), las llamadas
Baños de la Reina, en Calp, y las de Sagunto,
que aseguran los que las examinaron en el año
de 1754, que eran muy semejantes á los baños
de Frejus en la Provenza, y á los de Bolonia en
la Normandía.

En el sitio donde está fundada la Luisiana se
encontraron, entre otras ruinas, las de unas ter-
mas ó baños domésticos, cuya planta figuraba
una cruz griega.

Entre los innumerables acueductos construi-
dos por los romanos, pueden citarse los de Mé-
rida, no inferiores en grandeza y magnificencia
á los de la misma Roma, los de Sevilla, Cór-
doba, Segovia y Tarragona.

Las *neumaquias* eran unos grandes estanques



cercados de fortísimos murallones, en los que los romanos se ejercitaban en combates navales, sirviéndoles de muy grande diversion estos espectáculos, y juntamente de escuela para las guerras marítimas; era muy notable la que existía en Mérida, segun la descripcion que de ella hacen Barreiros y Ponz. ↓

Tambien existen en Mérida dos albueras del tiempo de los romanos, la una á una legua de distancia, formada por las aguas llovedizas y arroyos de sus inmediaciones, cuyo embalse, de una legua alrededor, está contenido por un murallon de 20 varas de alto y más de 100 de largo, con dos torres que sirven para desaguarlo.

La otra albueva, á dos leguas de distancia, no es tan grande, pero el murallon que sirve para contener el agua es más suntuoso y tiene un torreón unido á él para su desagüe. ↑

CAPÍTULO IX.

Aguas de Madrid.—Su origen é historia.—Fuentes que proveen.—Varios proyectos.—Canal del Lozoya.—Historia.—Construccion.—Descripcion.—Enturbacion de sus aguas.—Medios de clarificarla.—Fuentes que alimenta.—Proyecto de riego de los campos de Madrid con las aguas del río Lozoya.

El origen de las aguas de Madrid es desconocido, y sólo puede conjeturarse que viene del



tiempo de los moros ese modo de proporcionarse aguas por medio de minas. Empieza Madrid á figurar en la historia como un punto avanzado y fortificado de los reyes moros de Toledo, cuando Castilla la Vieja estaba ya libre de ellos. Tenian además desde Madrid hasta la altura de la sierra una línea de torreones de distancia en distancia, los cuales les servian de vigías para avisar cuando se acercaban los castellanos, y hacerse fuertes miéntras venian en su defensa los moros de Toledo. Era consecuencia precisa que Madrid sufriera continuos sitios, como consta de algunos; y que para estos casos, no habiendo fuentes en Madrid, y privados del uso de las aguas del rio, tratarian de proporcionarse aguas subterráneas que no les pudiesen cortar.

El modo que comunmente se ha usado en Madrid para buscar aguas, ha sido tantear de diferentes maneras el terreno y abrir pozos hasta la profundidad suficiente para poderlas traer á la poblacion. Cuando hallaban que en el fondo de uno de estos pozos se acumulaba gran cantidad de agua, abrian una mina que fuese á parar al fondo del pozo, con pendiente hácia Madrid directamente, ó á otra mina abierta ántes con el mismo objeto.

Elevado Felipe II al trono en 1557 por la



abdicacion de su padre Cárlos V, y llevado de una particular inclinacion hácia la villa de Madrid, fijó en ella la córte en el año 1560, atendiendo sin duda á la salubridad del clima, más templado que al presente (por la mayor abundancia de arbolado en los contornos), y la situacion central de este pueblo con respecto á la extension de la Península. Gonzalo Fernandez de Oviedo dice, que «la region de Madrid era muy templada, de buenos aires y cielo despejado y que sus aguas eran muy buenas.»

Con esta medida cambió de aspecto Madrid, y su poblacion, que era de unos 30.000 habitantes, se duplicó en poco tiempo, siendo necesario ampliar la cerca y mudar las puertas.

Sucedíóle Felipe III, y fué jurado en San Jerónimo del Prado, ganando mucho Madrid como corte de un monarca tan poderoso.

En el año de 1601 se verificó la traslacion de la corte á Valladolid; pero esta traslacion ocasionó trastornos tan grandes, que convencieron al rey de la necesidad de restituirse y permanecer en Madrid, como lo llevó á efecto cinco años despues. Desde entónces trató de hermostrar la ciudad, haciendo venir aguas abundantes y edificando la plaza Mayor.

Proveíase Madrid de aguas desde lo antiguo por medio de minas subterráneas que se extien-



den á cierta distancia de la poblacion, donde se recogen por filtracion las que derraman las sierras inmediatas, cuya circunstancia las hace sumamente delgadas y de excelente calidad, de modo que no se halla en ellas color, olor ni sabor, son frias, no cortan el jabon ni contienen materias extrañas; propiedades todas que han de tener las aguas potables para ser provechosas á la salud.

Cuatro eran en aquella época los ramales ó minas, llamados viajes, que abastecian la poblacion; el de la Castellana, el de Alcubilla, el de Abroñigal alto y el de Abroñigal bajo.

Aumentado el vecindario de una manera considerable, se hizo sentir la escasez de aguas y la necesidad de aumentarlas, á cuyo fin en el año 1695, se abrió una nueva mina al viaje Abroñigal bajo, que las acrecentó con un caudal de 134 reales de agua, cuando no era más que de 48 el del viaje viejo.

En tiempo de Felipe V, en el año de 1712, se establecieron y dotaron de aguas las fuentes de la Puerta del Sol, Red de San Luis y Anton Martin. En aquella época ya existian cuatro viajes de aguas gordas, uno en la calle de Segovia, otro en el de los Caños del Peral, otro en el de los Caños de Leganitos, y el del Prado de San Jerónimo. Los dos primeros, y particu-



larmente el de Segovia, debian ser obra de los moros, y á su imitacion se hicieron los demas.

En 1722, notándose de nuevo la escasez de aguas, se prorogaron las minas de los viajes alto y bajo Abroñigal; al de la Castellana se le aumentó con el agua que se trajo de más arriba de Mahudes; y al de la Alcubilla con dos obras nuevas para el aprovechamiento de dos viajes de agua que se descubrieron hácia Fuen-carral.

En los años de 1741 se hicieron nuevas obras en el viaje de la Alcubilla para aumentar su caudal; en 1744, en el de la Castellana; en 1771, en el bajo Abroñigal; en 1796, en el de Abroñigal alto; y por último, en 1800, en todos ellos con el mismo objeto.

En tiempo de Carlos III se formó el magnífico paseo del Prado con sus bellas fuentes, y se crearon los viajes del Pósito para surtirlas; y el de la Venta del Espíritu Santo, llamado de Pajaritos, para el riego de los árboles.

En el de Fernando VII, en el año de 1827, se emprendieron notables trabajos para el abastecimiento de aguas suficientes á la poblacion, que habia ido teniendo un crecimiento constante, y se crearon los viajes del Rey, Amanuel, Retiro y Retamar, y los de aguas gordas para las fuentes y arbolado de la Puerta de Toledo



Cuéntanse, á más de los viajes mencionados, el de la Fuente del Berro, el de San Bernardino, Montaña del Príncipe Pío, ermita de San Isidro, el del Hospital General, el de las Salesas viejas, el de las Descalzas Reales, el del Retiro y el de la Casa de Campo, que es mineral.

El de la Castellana tiene su nacimiento desde un pozo empedrado que está en lo alto de Mahudes, del cual parten dos minas; el de la Alcubilla en la dehesa que llaman de Chamartin y valle de la Alcubilla; el origen y nacimiento del agua del viaje Alto Abroñigal tiene su principio junto á la fuente del arroyo de este nombre; el Bajo Abroñigal nace más arriba del puente de este arroyo, donde hay dos pozos empedrados, cubiertos con remates de piedra, y viene por Recoletos.

En 1857 se aumentaron las aguas de Madrid con la traída de un manantial llamado de la Reina, que nace en el Pardo, pero no teniendo altura bastante, se dirigen por su encañado á la parte baja de la Montaña del Príncipe Pío, casa llamada de la máquina, desde donde por medio de grandes émbolos, movidos por el vapor, se elevan las aguas y alimentan várias fuentes que tienen un aparato de hierro formado por un tubo horizontal y surtidores verticales.



A mediados del siglo pasado, el famoso arquitecto D. Jorge Sicré, propuso un proyecto para derivar, por medio de un canal, las aguas de los rios Lozoya y Jarama, despues de su reunion, y conducirlas hasta el Guadalix, represando las de este rio, para que, unidas á las de los otros, viniesen á regar los terrenos de las cercanías de la corte. Este proyecto quedó abandonado por la dificultad de elevar las aguas y coste que ofrecia su ejecucion. Temiendo tambien que fueran cenagosas.

Aumentada de una manera considerable la poblacion de Madrid, pues segun el censo hecho en tiempo de Floridablanca en 1786, era su vecindario de 156.672 habitantes, se notaba en gran manera la escasez de aguas, lo cual motivó que se pensara en los medios de aumentarlas considerablemente: á este fin se han ideado desde entónces varios proyectos.

El primero fué el del conde de Cabarrus, quien llevó á cabo por su cuenta un canal de riego derivado del Lozoya, cuya presa estaba en el ponton de la Oliva.

El arquitecto D. Juan de Villanueva adoptó y propuso la realizacion de la segunda parte del proyecto de Sicré, que tampoco se llevó á efecto.

Posterior y sucesivamente, los arquitectos



españoles D. Silvestre Perez y D. Juan Berdejo, y los ingenieros franceses en la época de la dominación de aquéllos, hicieron varios proyectos que no dieron tampoco resultado alguno.

Mas apremiando la necesidad de aumentar las aguas de Madrid, se dió en 1824 un decreto, dispensando premios y consideraciones al que llevase á efecto tan útil y necesario proyecto : y en 18 de Febrero de 1829, se encomendó al ayuntamiento de Madrid la ejecución de aquel decreto, con facultades omnímodas, y se le concedieron arbitrios que rendian cerca de dos millones de reales anuales.

Al efecto nombró una junta de profesores, la cual eligió al comisario de caminos y canales, D. Francisco Javier Barra, para que formase el proyecto que dió concluido en Abril de 1830.

Consistia éste en tomar las aguas en el origen del rio Manzanares, recogiendo todas las que allí se desperdician, trayéndolas por una atargea cubierta á los altos de Santa Bárbara, y caso de no ser suficientes las de este rio, se tomáran y condujeran las del Lozoya en los propios términos.

En cuanto al surtido de aguas para el riego, se proponia que se tomasen del mismo Lozoya, trayéndolas por una acequia de tierra, para



atender á la parte alta de Madrid y para la parte baja ó la ribera; que se terminara el proyecto de Leánur, ya ejecutado en parte, de traer las aguas del Guadarrama hasta las Rozas, y desde allí dirigirlas al rio Manzanares, con lo cual se abastecería el canal de este nombre.

En este proyecto se reconoció la existencia del agua, su buena calidad y la posibilidad de traerla á Madrid: y aunque fué aprobado por una junta de profesores distinguidos, todavía se consideró insuficiente, atendida la cantidad de agua relativamente al coste de su conducción.

El ingeniero D. Pedro Cortijo propuso posteriormente el aumento de 600 reales de agua para el surtido de Madrid, tomándolos del rio Manzanares y elevándolas por medio de una rueda hidráulica; pero reconocido que en verdad no lleva ni la tercera parte de agua precisa para el movimiento, propuso dos medios; primero, mover por el vapor la rueda, cuando el agua no fuera suficiente, y segundo, aumentar las aguas del Manzanares con las del Guadarrama.

El mismo ingeniero propuso un nuevo proyecto, que consistia en tomar 30.000 reales de agua del Lozoya y conducirlos hasta el Gua-



dalix, desde donde reunidas las aguas de ambos rios, debian traerse á los altos de Santa Bárbara.

En este trascurso de tiempo se habian hecho al ayuntamiento várias proposiciones para la traída de aguas por los señores Llanos, Jorda, Santandreu y M. Vorar.

En 1845 el ayuntamiento nombró una comision que hiciese nivelaciones y reconocimientos en las cercanías de la capital, á fin de encontrar las tan deseadas aguas.

Sin haberse adelantado más en este asunto, se sacó á subasta en 30 de Mayo de 1846 el surtido de aguas de Madrid, y quedó rematado á favor de la compañía anónima *La Aurora*, la cual, sin obligarse á poner en ejecucion ninguno de los proyectos, se comprometió á conducir á Madrid 10.000 reales de agua que el ayuntamiento le habia de tomar bajo cierto precio y condiciones; pero este remate se rescindió en 19 de Agosto de 1847.

En un período de cien años hasta esta época, ha sido necesario mezclar el agua de noria á la de los viajes, en la estacion de verano, con detrimento de la salud pública, pero que lo hacia indispensable el aumento considerable de la poblacion, que en 1847 era ya de 235.000 habitantes.



Por real órden de 10 de Marzo de 1848 fueron nombrados los ingenieros D. Juan Rafo y D. Juan de Ribera para estudiar los proyectos de Barra y Cortijo, y presentar un proyecto detallado y completo para la traída de aguas á Madrid.

Los Sres. Rafo y Ribera presentaron la memoria de su proyecto en 15 de Diciembre de 1848, y en 18 de Junio de 1851 se dió un decreto para que se llevasen las obras á efecto, y en su virtud, en 1.º de Agosto del mismo año, se empezó á organizar el plan de operaciones preliminares para la formacion del proyecto definitivo para conducir á Madrid las aguas del Lozoya; y el 24 de Junio de 1860 se vió elevarse en el centro de la Puerta del Sol un surtidor de 30 metros de altura y 14 centímetros de diámetro.

Vamos á dar una sucinta idea de esta obra, la mas importante sin duda de nuestra época.

A once leguas de Madrid, en el sitio denominado ponton de la Oliva, sobre el lecho del X rio Lozoya, y apoyada en sus márgenes formadas de negruzcas y elevadísimas rocas, se encuentra construida la presa que detiene el curso impetuoso de las aguas, produciendo un embalse de tres millones de metros cúbicos, que forman un ancho y profundo lago de seis kiló-



metros de longitud, y una anchura de 200 metros en algunos puntos.

La presa, formada de piedra de sillería, perfectamente labrada, tiene una anchura de 80 metros, 31,10 de altura, 7 de espesor en su parte superior y 14 en su base.

Por una mina labrada en la roca que forma la ladera derecha del río, se toma el agua del embalse, que entra en el canal que las dirige á Madrid por un sistema de compuertas. Un ancho acueducto de 76 kilómetros de longitud, trae las aguas de aquel embalse al depósito del Campo de Guardias, habiendo entre los dos puntos un desnivel de 95,15 piés. El canal es de fábrica en toda su extension, teniendo seis sifones, siendo de éstos el más importante el del Bodonal, cuya longitud es de 1.400 metros. Sus acueductos son 19, y el más notable de ellos el del arroyo de Colmenarejo, compuesto de 15 arcos, y cuya altura total es de 19 metros y su longitud de 116.

Los subterráneos que atraviesa son 41, y el del Otero, que es el mayor de todos, tiene 1.485 metros de longitud. Todo el canal está cubierto, excepto en algunos puentes acueductos; en los puntos convenientes se encuentran contruidos los pozos de registro, ventiladores ó respiraderos para la renovacion del aire inte-



rior y almenaras de desagüe, para poder dejar en seco uno ó más tramos del canal.

A 615 métrors de distancia del depósito, está situada la casa de reparticion de aguas. Una compuerta de fundicion da entrada en él á las aguas del canal, las cuales se dividen en tres ramales: los dos laterales dan paso á las aguas que se destinan al riego, y el de frente comunica con el acueducto que lleva al depósito las aguas destinadas al surtido interior de la poblacion.

Hay además dos almenaras de desagüe para dar salida, en caso necesario, á las aguas sobrantes. El acueducto de Villa tiene tambien una pequeña casa de compuertas próxima al depósito, llamada casa de bifurcacion, porque en ella el acueducto se divide en dos ramales, cada uno de los cuales se dirige á una de las dos divisiones del depósito, con el objeto de que, cerrando una ú otra de las compuertas, pueda dejarse en seco uno ó otro de los compartimientos.

El primer depósito está dividido en dos compartimientos iguales, y cada uno de ellos contiene 242 pilares, que forman 11 hileras paralelas de arcos, sobre los cuales estriban las bóvedas de cañon seguido, que constituyen su cubierta.

La altura total del depósito, desde la solera hasta la clave de la bóveda, es de 8,77 metros. El agua tiene 6,57 de profundidad, y contiene



58.000 metros cúbicos. De cada uno de los dos compartimientos arranca una cañería de hierro fundido, 0,85 metros de diámetro interior, cuya tubería mide 6.044 metros, que unida á los 97 104 metros de tubos de menor diámetro, reparten las aguas por Madrid.

La longitud de la tubería para servir á toda la poblacion pasa de 16 leguas, y la necesaria para llevarlas desde las cañerías á todas las casas es mayor de 28.

La aparicion de grandes filtraciones por donde se iban las aguas del embalse, hizo pensar en la necesidad de un desagüe para combatirlas; á este fin se procedió á la formacion del canal por un túnel abierto paralelamente al curso del rio en lo interior de las escarpadas peñas que forman su márgen derecha.

Este canal subterráneo está revestido en toda su longitud con sillarejos de pizarra en los cajeros y de piedra caliza en la bóveda, excepto en un corto trecho, por estar perforado en roca caliza compacta. En los 6.579 metros de este canal hay 10 registros ventiladores y dos almenaras de desagüe, de las cuales la primera sirve tambien para la sedimentacion de las arenas.

La nueva presa formada para el embalse y alimentacion de aguas de este canal, llamada Villar ó Manjiron, es de mampostería en su in-



terior y de grandes sillares de piedra caliza en su exterior, tiene 53 metros de longitud, 5 de altura y 10 de ancho en su base.

Terminadas estas obras se procedió al desagüe del embalse del ponton de la Oliva, y después de penosísimos trabajos, se descubrieron enormes cavernas que, en la inmediación de la presa, y por debajo de sus cimientos, daban ancha salida á todas las aguas del río. La enormidad de estas cavernas, que algunas de ellas semejaban cúpulas de iglesias, situadas otras á 20 y 30 metros de profundidad debajo del río, medirían, puestas unas á continuación de las otras, una línea de más de 2.000 metros. Estas cavernas se rellenaron con mampostería hidráulica, sobre las cuales, y en el fondo del embalse, se formó un lecho de los mismos materiales que, en forma de talud ondulado, se apoya sobre la presa.

Posteriormente se ha construido otro depósito frente al primero, á la derecha de la carretera, que está para terminarse, y contendrá en los cuatro departamentos en que está dividido 180.000 metros cúbicos de agua, ó sea tres veces mayor que el otro, y entre los dos pueden abastecer á Madrid de aguas durante ocho días.

El río Lozoya, que nace en los montes carpetanos de una elevada sierra que domina á la



Granja, recorre con curso precipitado y tortuoso, primero de S. á N. y luégo de N. á S., un espacio de 12 leguas hasta el ponton de la Oliva; recogiendo las aguas de multitud de arroyos que corren á derecha é izquierda por el terreno sumamente quebrado de sus inmediaciones; estas circunstancias hacen que en tiempo de lluvias arrastren sus aguas gran porcion de *detritus* que la enturbian grandemente.

Conducidas en este estado á Madrid por el canal, que carece de filtros, llegan á los depósitos para proveer al vecindario.

Ambas circunstancias, y el no estar acabado el grande, para poderse ir posando las aguas en sus distintos departamentos, mientras otros proveen de ellas ya claras á la poblacion, son las causas que motivan la escasez de éstas, y que tanto alarma y perjudica á su vecindario.

Ahora bien, no pudiendo abastecer los dos depósitos más que durante ocho días á Madrid, no creemos que en tiempos de continuadas lluvias puede evitarse el mal.

Juzgamos, por tanto, que debe pensarse seriamente en la construccion de filtros, aunque sea á costa de grandes sacrificios, pues la salud y necesidades de una gran poblacion, siempre creciente, así lo exigen. Además, aún suponiendo que posaran todas las materias extrañas



que arrastran, la erosión producida por la velocidad del agua en su salida volvería á ponerlas en movimiento, enturbiándose de nuevo.

Las condiciones en que se adquieren las aguas de los antiguos viajes, por medio de filtraciones naturales del terreno, son causa de su limpieza, rarísima vez enturbiada, y esto sólo en algún tanto, en tiempos de abundantes y continuadas lluvias.

En algunas poblaciones donde las aguas son gruesas ó frecuentemente turbias, usan filtros de piedra calcárea en forma de dornajo, sostenido por una armadura de madera de cuatro piés, en cuyo centro se halla colocada la tinaja, tapada su boca con un paño, sobre el que cae el agua que destila el filtro.

En el día se conocen unos filtros de barro ingleses, de forma de un hermoso jarrón y un grifo en su parte inferior. En su centro, y promediando su cavidad, se halla el aparato de carbon, por el cual pasa el agua casi instantáneamente clarificada.

Pero aunque los hay de varios tamaños y su coste no es grande, no obstante, como habrá familias que no podrán adquirirlos, vamos á dar un procedimiento para clarificar el agua de una manera económica.

Tómese media onza de piedra alumbre en



polvo, y echándola en un vaso mediado de agua, se agita un poco y se arroja la disolucion en la tinaja, que contendrá cuatro cubas de agua; á la hora ú hora y media estará perfectamente clarificada; los *detritus* que contenga se habrán precipitado en el fondo mezclándose con el alumbre.

Esta agua puede beberse sin temor alguno, pues la cualidad astringente de esta sustancia no es sensible en las proporciones dichas.

Al tratar de las aguas de Madrid no puede dejarse de citar el proyecto de riego de sus campos con las aguas de Lozoya, formado por el inspector general de Caminos, Canales y Puertos, D. Juan de Ribera, de inmensa importancia para la poblacion, y en el que están tratadas todas las cuestiones relativas á canales de riego, con un alto criterio y un conocimiento profundo de la materia.

CAPÍTULO X.

Riegos propiamente dichos.—Reglas generales.—Riegos de invierno, primavera, estío y otoño.—Cultivo de las tierras de riego.—Horas de riego.—Procedimientos de riego.—Distribucion de las aguas y disposicion del terreno.—Modo de regar.—Riegos de los cereales.—De las judías.—Del cáñamo.—De la caña dulce.—Arrozales.—Prados.

No es fácil dar reglas fijas y aplicables en todas partes sobre los procedimientos que deben



seguirse en los riegos, bien sea en las dimensiones y distancias de las regueras, bien en la cantidad de agua que ha de suministrarse para un terreno. La diferencia de tierras y de temperatura, con más el cultivo á que están destinadas aquellas, hace variar todos los datos, que sólo sirven en general para saber juzgar las circunstancias en que se aplican, y establecer con economía el riego de cualquier comarca, en razon de la calidad del suelo, plantas que se cultivan y cantidad de agua de que se dispone.

La cantidad de agua necesaria para el riego de una superficie dada, ya hemos dicho que varía segun las circunstancias y los cultivos; pero puede establecerse despues de hacer algunos ensayos preliminares sobre una porcion de tierra y fijar la cantidad que requiere.

Una regla general debe tenerse en cuenta, y es, que los riegos incompletos ó que no penetran el suelo de 7 á 8 pulgadas, son poco eficaces, porque su pronta evaporacion destruye sus beneficios.

Por esto el mejor procedimiento de usar el agua es por filtracion, porque se emplea menos cantidad y se evapora con más lentitud.

Debe tenese siempre presente, que es mucho mejor regar bien una superficie menor, que extender en una mayor una capa de agua insufi.



ciente para producir los beneficiosos resultados del riego.

Estos principios son aplicables á todos los sistemas y terrenos.

Riegos de invierno.—En esta estacion los dias son cortos, los rayos solares caen oblícamente sobre el terreno y no lo calienta mucho, y el aire y la tierra están cargados de humedad por las aguas del otoño. Las plantas vegetan poco, las viváceas han perdido sus tallos, y la sávia está reconcentrada en las raíces. Los árboles han perdido la mayor parte de sus hojas y se encuentran en un estado de reposo casi completo; y los de hojas perennes encuentran en la atmósfera suficiente humedad para su lenta vegetacion.

En tal concepto, el riego de los prados, tierras de labor y huertas debe suspenderse en la parte septentrional de España y demas puntos donde las lluvias y nieves son frecuentes y suministran en el invierno suficiente humedad, que si se aumenta, son accesibles los hielos. No sucede lo mismo en el Mediodía y algunos otros sitios en que la escasez de lluvias, ausencia de los hielos y nieves, permiten en los dias claros y serenos la evaporacion de la poca humedad que tiene la tierra, y obligan á recurrir á los riegos. En todo caso, la pericia del regador la prueba en aplicar el agua cuando conviene y en sumi-



nistrar la cantidad meramente indispensable.

Creen algunos autores que es inútil regar en el invierno; pero en la práctica se observa que los plantíos de vides y olivos que se riegan en el invierno, dan mejores y más abundantes frutos que los regados en la primavera; sin embargo, no debe regarse cuando el tiempo esté dispuesto para helar. Los prados pueden regarse al principio del invierno para que las raíces se fortifiquen ántes de empezar los hielos, pero nunca cuando éstos empiezan, como no se disponga del agua con tal abundancia que pueda sostener una corriente permanente á la altura de un riego normal.

Riegos de primavera.—El sol en esta estacion empieza á elevarse sobre el horizonte; comunica más calor al suelo, pues los dias son más largos, el cielo más sereno y las lluvias ménos abundantes y más calientes que en el invierno. Los vegetales, favorecidos por estas condiciones, empiezan á dar señales de vida: entónces es cuando conviene secundar á la naturaleza con riegos bien administrados y repetidos; pero poco copiosos, pues muy abundantes enfrian el suelo é impiden el desarrollo de las plantas.

En todos los riegos debe preceder el estudio del terreno que se ha de regar; pero en la primavera con especialidad, pues si son arcillo-



sos y compactos, no se debe efectuar sino en ciertas condiciones en que el agua sea absolutamente precisa, pues siendo estas tierras frias y tardías, con los riegos se retrasan más. En un mismo punto y en igualdad de circunstancia, se advierte que los terrenos arcillosos conservan humedad cuando los areniscos y calizos exigen ser regados. Así estos últimos se regarán con más frecuencia y abundancia, observando en ambos casos que las tierras situadas al Norte necesitan ménos riegos que las expuestas al Mediodía, y que la que está cubierta de árboles se debe regar con ménos frecuencia que la que se encuentra sin ellos y la penetran más los rayos solares.

En esta estacion se riegan segunda vez los cereales, los prados y demas plantas cuya vegetacion se quiere avivar; pero en este último caso es necesario que las aguas tengan una temperatura que no sea inferior á la de la atmósfera. Los prados se riegan segun su necesidad, y especialmente en seguida de cada siega.

Riegos del estío.—Los vegetales en el estío han llegado ordinariamente al máximo de su desarrollo, se encuentran cubiertos de hojas, y estos órganos extendidos en la atmósfera absorben una parte de su alimento, lo cual es un nuevo medio de subsistencia; pero en razon de



que sus hojas son más numerosas transpiran con más abundancia, á lo que contribuye la sequedad del aire, de la tierra y lo ardiente del sol; así, es la estación en que los riegos son más necesarios, pues á las causas expuestas se añade la poca frecuencia de lluvias que generalmente se advierte en todas partes.

Los riegos copiosos son necesarios en esta época, y de su abundancia depende algunas veces la cantidad y calidad de las cosechas; pero deben ser proporcionales al clima, calidad del terreno y de la planta.

Las plantas anuales cultivadas en terrenos fuertes que se endurecen y forman grietas por la sequedad, es necesario regarlos con ménos frecuencia, pero con más abundancia, pues conservan la humedad más tiempo. La misma clase de planta cultivada en terrenos lijeros, hay necesidad de regarlas con más frecuencia, pero con ménos abundancia.

Los trigos se les da en esta estación el segundo riego en las localidades que cuajan tarde; las vides se suelen regar segunda vez en los puntos donde las aguas faltan; los prados se riegan cada diez ó doce días, y con frecuencia los frutales y hortalizas.

Riegos de otoño.—En esta estación el sol baja sensiblemente en el horizonte, los días son



más cortos, la tierra pierde el calor, las noches son más frescas y húmedas que en el estío. La vegetación, llegando á su término, madura los frutos, y la madera nueva de los árboles se agosta para poder resistir los rigurosos frios del invierno. Estas circunstancias obligan á una gran disminucion en el número y cantidad de riegos, que si se dan como en el estío, son perjudiciales, pues retardan la madurez de los frutos, hacen que éstos sean ménos sabrosos, y disminuyen sus calidades reproductivas. Si los árboles nuevos y que han de pasar el invierno al aire libre se riegan en esta estación, prolongan la vegetación mucho tiempo, y la madera, no teniendo la suficiente consistencia, puede ser destruida por los primeros hielos.

Sin embargo, si el otoño se prolonga y las lluvias de esta estación no concurren como de ordinario, y la tierra conserva poca humedad, los riegos deben continuarse pero con moderación.

A los prados naturales y artificiales les conviene mucho el riego de esta época, para que se fortifiquen las raíces ántes de entrar el invierno.

En todo caso es muy conveniente no regar, si las plantas no indican la necesidad.

Cultivo de las tierras de riego.—El cultivo de las tierras de riego varía segun que éste se



efectúa con aguas claras ó turbias. En el primer caso suelen regarse las tierras ántes de darles la primera reja, cuando las lluvias de otoño son tardías; en el segundo se les da siempre un gran riego ántes de labrarlas, y con la labor se mezclan los sedimentos que han dejado las aguas, pues ellos sirven de abono.

El regar las tierras ántes de la primera reja sólo se hace cuando han estado sembradas de trigo ó cebada; pero cuando el fruto que han producido ha sido semillas ó raíces que se escardan ó cavan, y que necesitan varios riegos para cuajar, entónces se riegan despues de sembradas, con objeto de ayudar la germinacion de las semillas, si las aguas de otoño no son suficientes para ello.

El número de labores que se dan á las tierras de riego ántes de sembrarlas, varía segun los terrenos y la planta última que ha ocupado la tierra. En general se dan dos rejas y las de siembra cuando se efectúa ésta sobre rastrojo, y una y las de siembra si ésta se hace sobre barbecho de habas, patatas, etc.

El número de riegos que se da á cada planta que se cultiva, varía segun su especie, clima y naturaleza del terreno; en general, los cereales y semillas se riegan dos veces, una para la germinacion y otra para la grana; á las patatas,



tres; á la vid, uno ó dos; y á los prados, tantos cuantos se crean necesarios para sostener la superficie húmeda.

Horas de riego.—En las épocas de calor debe regarse en las horas de noche, mañana y tarde, y nunca desde las diez á las cuatro de la tarde, pues la diferencia brusca de temperatura en que se colocan las plantas por la frialdad que reciben las raíces, y la grande evaporacion que se origina, quema los vegetales y los suele á veces destruir. Sólo en el caso de que las plantas, en lo marchito de sus hojas, indiquen la necesidad de un riego inmediato, puede éste efectuarse con el calor de las diez á las cuatro de la tarde; pero en este caso debe cuidarse que el agua no toque á las hojas.

En tiempo de frios debe hacerse al contrario, regar en el centro del dia, y nunca en la época de hielo, á no ser disponiendo de una gran cantidad de agua, como ántes hemos dicho.

Las aguas turbias no deben emplearse en los riegos en las épocas en que empiezan á germinar las semillas ni á brotar las plantas de prados, pues si el limo ó légamo cubren sus primeros gérmenes, les perjudica extraordinariamente.

Los procedimientos más usuales en España para el riego de los terrenos cultivados son por submersion ó á manta y por surcos.



Consiste el primero en extender por toda la superficie regable una capa de agua de cierta altura, para que sea absorbida ó filtrada por el terreno, el cual se halla dividido en una série de tablas ó eras sensiblemente horizontales y de dimensiones convenientes. Una vez que ha llegado el agua á la altura conveniente, se cierra el corte del caballete por donde se le ha dado entrada, y se va introduciendo sucesivamente en cada una de las eras.

El segundo consiste en hacer entrar el agua en las séries ó divisiones del terreno, dispuesto en surcos horizontales y muy ligeramente inclinados, separados unos de otros por *caballetes* ó proeminencias de tierra de dimensiones mayores ó menores, y más ó ménos separados, segun lo requieren los distintos cultivos.

Estos dos métodos suelen aplicarse simultáneamente en la misma zona, segun sean la topografía del terreno, la naturaleza de los cultivos y la cantidad de agua de que se dispone. El primero exige mayor consumo de agua para la misma superficie regable, y su aplicacion se halla más restringida que la del segundo por los accidentes topográficos.

Distribucion de las aguas y disposicion del terreno.—Cuando el terreno tiene poca inclinacion, de la línea principal de conduccion de



aguas se hacen partir las caceras en el sentido de la máxima pendiente, las cuales dividirán la superficie en fajas longitudinales, que se fraccionan á su vez transversalmente por medio de otras caceras de segundo orden, destinadas al surtido inmediato de las porciones regulares del terreno que limitan. Las aguas sobrantes del riego suelen reunirse en otra cacera inferior, que las devuelve á la misma acequia de conduccion en un punto conveniente de su curso, ó las distribuye directamente para el riego de los terrenos inferiores.

Si las pendientes son ya algo considerables, en lugar de correr las caceras por la máxima pendiente, se llevan en direccion oblícua á las curvas de nivel, y el fraccionamiento del terreno obedece en tal caso á la nueva disposicion adoptada para las líneas distributivas.

Cuando el terreno es muy accidentado, la distribucion de las aguas exigirá, ó un largo desarrollo en las líneas de conduccion, ó el establecimiento de saltos y el consiguiente fraccionamiento de la superficie, en una série de planos escalonados ó *bancales*.

Los terrenos de poca pendiente se dividen en una série de trozos regulares, llamados *cuarteles*, *tajones* ó *canteros*, los cuales se surten de la misma regata ó acequia secundaria; los cuar-



teles están separados unos de otros por caballetes de tierra de dimensiones mayores que las ordinarias, y se dividen á su vez en porciones pequeñas llamadas *eras*, las cuales vienen á formar el último grado de division del terreno regable. Las *eras* están formadas por superficies planas y sensiblemente horizontales, cuando el riego se da á manta, ó por una série de surcos de muy escasa pendiente, separada de la inmediata por una prominencia de tierra llamada *macho*, *camellon*, *caballon* ó *caballete*, cuando se adopta el método de riego correspondiente.

Cuando el terreno ofrece pendientes considerables, la superficie regable se dispone en gradería, y los escalones que la forman reciben el nombre de *bancales*, hallándose separados unos de otros, segun sea menor ó mayor la pendiente, por meros caballetes de tierra, por los taludes naturales del terreno ó por muros de piedra en seco. Los *bancales* deberán ser tanto más estrechos cuanto mayor sea la pendiente del terreno.

El último grado de division de la parcela regable afecta dimensiones que dependen de la configuracion del terreno, de su naturaleza más ó ménos permeable, de la distribucion y exigencias de los distintos cultivos y de la cantidad de agua con que se riega. Cuando el riego



se hace á manta, esas superficies son generalmente *pequeñas*, á fin de que el agua no tenga que recorrer un largo trayecto para llegar al extremo de la era y pueda ser uniformemente absorbida; *planas*, para que se extienda el agua por igual sobre toda la era; y sensiblemente *horizontales*, á fin de que la capa líquida que en ellas se deja tenga en todas partes un espesor uniforme. Si el terreno es plano y poco permeable podrá darse mayor extension á las eras sin necesidad de aumentar en la misma medida el caudal con que se riega; si el terreno es muy permeable, ó habrá que disminuir la superficie de la era, ó que aumentar el volúmen del agua, á fin de que en breve tiempo se extienda ésta por todo el espacio que aquella limita, y deje mojada una capa de tierra de espesor uniforme.

Si el riego se hace por surcos podrá llegarse, en terrenos de mucha pendiente, hasta el límite inferior de la extension de las eras, porque en último resultado, cada surco, aisladamente considerado, constituye un escalon horizontal de unos 40 centímetros de ancho, separado del siguiente por un caballete de tierra de dimensiones próximamente iguales.

La distribucion de los surcos en cada una de las eras es susceptible de una porcion de combinaciones, siendo la más comun en la práctica



la llamada de caracol. Cuando por efecto de la inclinacion del terreno no puede hallarse dispuesta en el sentido de la máxima pendiente, claro es que los surcos deberán abrirse oblícua-mente á la direccion de aquella, para que dé sensiblemente una línea de nivel, ó en todo caso una línea suavemente inclinada, que facilite el acceso del agua á toda su longitud.

Modo de regar.—La cantidad de agua directamente aplicada al riego de una cierta superficie, hemos dicho que era variable. Un caudal pequeño que tuviera que recorrer un largo trayecto ántes de llegar á la superficie regable, podria anularse por filtraciones y pérdidas de todas clases ántes de llegar á la parcela, y un gran caudal, conducido por una cacera que tuviese una pendiente considerable, produciria en ésta y en el terreno regable erosiones perjudiciales. Habrá, por lo tanto, un volúmen medio, con el cual pueda efectuarse el riego en buenas condiciones.

Partiendo del caudal que un buen regador pueda guiar fácilmente con la azada, puede fijarse como máximo volúmen en la reguera el tipo de 18 á 20 litros por segundo, y como mínimo, un volúmen de dos á tres litros en el mismo tiempo. Con volúmenes menores que este último, el agua tardaria mucho tiempo en lle-



gar al extremo de la era, dejando desigualmente impregnado su fondo; y con volúmenes mayores que el citado como máximo, habria necesidad de dejar abiertas simultáneamente varias eras, no bastando en general un sólo hombre para interrumpir la comunicacion de la era con la regata, y establecerla al mismo tiempo con las siguientes, quedando en consecuencia perjudicadas por un riego excesivo unas eras, mientras las aguas de la regata, sin aprovecharse debidamente en las sucesivas, correrian inútilmente á buscar la cacera colectora ó de desagüe.

Cuando la era recibe toda el agua que trascorre por la regata, abre el regador con la azada un boquete en el caballon de recinto, y con la tierra intercepta la corriente hasta que, introducida en el terreno la cantidad de agua que considera suficiente, vuelve la tierra separada á su posicion primitiva. Se da el nombre de torna al pequeño dique de tierra con que se intercepta el curso de las aguas para el riego de las eras. Si el caudal que lleva la regata es mayor que el necesario para el surtido de una sola era, se dejan abiertos varios boquetes, colocando la tierra dentro de la era respectiva, y se cierran unos y se abren otros á medida que las necesidades lo exigen.



El procedimiento que acabamos de indicar para una regata destinada al surtido de várias eras, puede aplicarse á la distribucion de las aguas entre las várias regatas que se surten de la misma cacera, ó á las distintas caceras derivadas de la misma acequia madre. Si la cacera lleva mayor cantidad de agua que la necesaria para el surtido de una sola regata, se dejan abiertas várias consecutivas que en conjunto se distribuyan todo el caudal, efectuándose de una manera análoga la distribucion de las aguas de la acequia entre las distintas caceras.

Así como para establecer é interrumpir la comunicacion de las eras con las regatas bastará, en general, separar la tierra con la azada, formando con aquélla el dique que corta la corriente, cuando sean mayores los volúmenes que haya que distribuir y mayores tambien las secciones de las líneas de conduccion, será preciso recurrir al uso de compuertas ó diques de tablas, que exigirán una pequeña construccion en el punto de toma, ó bien si los caudales lo permiten, podrán pasarse sin ella, reduciéndose el dique á unas planchas de palastro, suficientemente resistentes, cuyo corte se introduzca por presion ó á golpe en la cacera, y puedan fácilmente levantarse, sirviendo de palanca el mango de la azada introducido en un



anillo situado en el reborde superior de la pequeña compuerta metálica.

Cuando el riego se efectúa por superficies escalonadas ó banales, el agua cae por uno de los extremos del muro, en cuyo punto deberán adoptarse las precauciones convenientes para disminuir el efecto de los choques y de las erosiones; sigue luego por el pié del muro en toda su longitud, distribuyéndose por las distintas eras que forman el banal, y una vez regado todo él, vuelve á caer por el extremo opuesto para realizar operaciones análogas en el banal siguiente.

La cacera colectora que suele disponerse para recoger las aguas sobrantes del riego de cada uno de los cuarteles, no se usa generalmente en los riegos de nuestro país, y para suplir su falta se procura que no entre en las eras mayor cantidad de agua que la respectivamente necesaria; y en la práctica de los riegos se observa con frecuencia que el regador corta las aguas de la acequia ántes de tener regadas todas las eras, en el momento oportuno, para que las *escorrentias* vengan á surtir una ó más eras que les falte que regar, segun la distancia á que se hizo el corte. Sirve de estímulo para la supresion de la cacera colectora el aprovechamiento de mayor superficie útil y disminuyen



los inconvenientes de dicha supresion, la escasez frecuente de las aguas, la necesidad de que éstas alcancen á la mayor superficie posible, y la de evitar los perjuicios que pudiera ocasionar el embalse producido en algunas eras por un riego excesivo.

Riego de los cereales.—Los cereales pueden comprenderse en el número de aquellas plantas que ofrecen poco desarrollo foliáceo y una traspiracion relativamente pequeña, y que por consiguiente no exigen para vegetar en buenas condiciones una gran cantidad de agua, áun tratándose de las localidades de nuestro país en que el calor es más intenso.

El riego á manta se practica raras veces, y en tal caso se dispone el terreno en planos horizontales, tanto más estrechos, cuanto mayor es la pendiente, limitados por caballones de la magnitud ordinaria.

Suele darse á los cereales de invierno riegos poco copiosos, y se practican haciendo correr el agua por los mismos surcos que dejó el arado. Si la falta de lluvias otoñales lo exige, se da un riego al terreno en Octubre ó Noviembre, ántes de la sementera, con el objeto de facilitar las labores, y bastan, en general, para asegurar la cosecha en nuestro país, un riego despues de siembra, otro en Marzo y otro en



Abril. Cuando el año va muy seco se da otro riego, poco abundante, ántes de la granazon. El trigo requiere abonos ricos en ázoe, á fin de que favorezcan la formacion del glúten, del que depende principalmente el valor del producto.

El maíz es más exigente que el trigo en materia de riegos, y suele ser compañero inseparable de éste en las tierras de riego de nuestro país. Ordinariamente se le siembra así que se levanta la cosecha de trigo, y recorre todas las fases de la vegetacion en un período de poco más de tres meses. En las tierras que han estado de barbecho se le siembra en Mayo y se riega inmediatamente despues. Al mes, ó poco ménos de efectuada la siembra, se da una labor al terreno y se forman caballones, dejando en sus bordes la planta, con objeto de que, quedando debidamente calzada, encuentren las raíces mayor porosidad y frescura, y conservándose ésta por más tiempo, no haya necesidad de riegos tan frecuentes. A los veinte dias de calzada la planta se la vuelve á regar, dándole luégo el agua á intervalos de ocho á quince dias, segun las circunstancias del terreno y clima. Si la planta se dejara en medio del surco sentiria con mayor viveza los efectos de la desecacion y endurecimiento del suelo, y habria,



por consiguiente, que regarla con mayor frecuencia. El número de los riegos necesarios al cultivo del maíz varía entre cuatro y ocho, según los terrenos. Dicho se está que en los detalles de este cultivo no podemos referirnos á la costa Cantábrica, cuya humedad excepcional permite obtenerla de secano.

El maíz cortado en verde constituye un excelente forraje, que ofrece la considerable ventaja de suministrar alimento fresco al ganado mayor durante los meses de la estación calurosa. Cultivado el maíz como forraje, exige un terreno constantemente fresco y riegos más frecuentes que el destinado á la producción de grano.

Riego de las judías.—La judía se cultiva sola ó asociada al maíz. Las variedades tempranas se siembran en la costa del Mediterráneo en Marzo ó Abril, y hasta en Febrero, en los puntos en que no son de temer los efectos de las heladas. La siembra se hace á golpe, dejando el grano á una profundidad de dos ó tres dedos solamente para que no se pudra. La actividad de la germinación depende de la temperatura: generalmente los granos que se siembran en Marzo en la costa de Valencia y Alicante tardan tres semanas en nacer, en cuyo momento se les suele dar un riego, que no se repite ya.



hasta que llega la época de la florescencia. Las variedades de enrame se suelen sembrar al tresbolillo; al lado de cada golpe de tres ó cuatro matas, llegada la época oportuna, se fija una caña que ha de servir á las plantas de tutor, y atadas las cañas de tres en tres por el extremo, forman lo que en Alicante se llama una *barraca* destinada á proteger las plantas contra la acción de los vientos. La periodicidad de los riegos suele ser de quince días.

Cuando la judía va asociada al maíz se siembra al mismo tiempo que éste, cuyas cañas ó tallos hacen el oficio de tutores. Se siembran en Junio y se recolectan en Setiembre ú Octubre, exigiendo riegos frecuentes y poco copiosos para que no se pierda la planta con el embalse prolongado del terreno.

En la costa de Alicante las variedades tardías se siembran á últimos de Julio; tardan sólo tres ó cuatro días en nacer; á los quince días se forman los caballones, y se riegan luego una vez por semana, recolectándose el grano en Octubre ó Noviembre, cuando la planta ha recorrido todas las fases de la vegetación.

Las leguminosas toman en general la mayor parte de sus elementos de las atmósfera y pocos del suelo, por cuya razón se las considera como plantas reparadoras. Las judías son, sin embar-



go, una notable excepcion de esta regla: esquilman mucho la tierra, requieren mucho abono, como si pertenecieran al grupo de los cereales; en cambio no hay cereal que iguale á la judía en principios sanguinificables.

Riego del cáñamo.—Se siembra el cáñamo á mediados de Marzo, y se siega hácia la mitad de Julio, recibiendo durante este período cuatro riegos abundantes. Los cañamares se disponen en tablas horizontales de unos dos metros de ancho por 30 ó 40 de longitud, separadas unas de otras por caballones terminados por una superficie plana, que sirven á la vez de dique y de vía de comunicacion para las diversas operaciones del cultivo. El riego se dá á manta y se procura que el suelo conserve un estado constante de frescura. El cáñamo que se cultiva para siembra se siega en Setiembre; pero en tal caso, la fibra pierde en calidad, por lo que vale algo ménos en el mercado.

Riego de la caña dulce.—El cultivo de la caña de azúcar no es de los que más agua necesitan; pero la requiere en cambio oportuna y cuidadosamente distribuida. Recien hecha la plantacion debe regarse una ó dos veces, segun el tiempo se presente y segun la permeabilidad del suelo. Despues de arraigada la planta, ella misma indica la necesidad del agua, que se co-



noce por la rigidez que presentan las hojas, las cuales, en vez de inclinarse suavemente arqueadas, se enderezan y aguzan, tomando el aspecto de pequeñas pitas. El agua salobre se ha considerado siempre como contraria á este cultivo; sin embargo, cuando no lo es en demasía y las sales disueltas son algo nitrosas, puede convenirle, y aún con preferencia á otras, como sucede con las del Guadalhorce, que se utilizan en el riego de los cañaverales de la costa de Málaga.

Los riegos deben prepararse cortando convenientemente la tierra despues de haberla nivelado, y estableciendo madres ó surcos anchos y capaces, aún cuando el agua no sea muy abundante, con el objeto de evitar roturas y escapes. Si despues de un riego se advirtiese estancamiento en algun punto, deberá darse salida al agua lo más pronto posible y desecar bien el terreno.

A medida que la planta va creciendo se hace el riego ménos necesario, por la sombra que la misma hoja da al tallo durante la época de los fuertes calores, que es la del crecimiento. Llegadas las primeras lluvias de otoño, la práctica más constante en las costas de Málaga y Granada consiste en la suspension del riego, ya por temor al ahilamiento que suele producir el exceso de humedad, ya por la dificultad



de penetrar en la plantacion para dirigir el agua cuando las cañas están crecidas. Esto, no obstante, puede convenir seguir regando por circunstancias especiales de atraso ú otras, en cuyo caso se atenderá al signo característico, representado, como hemos dicho, por el aguzaamiento de las hojas.

En la vega de Málaga un riego copioso á intervalos de diez y siete dias, apénas es suficiente en los primeros meses, aún contando con un subsuelo arcilloso. La caña toma tanto más cuerpo cuanto más se prolonga la estacion de los calores, á condicion de que pueda regarse frecuentemente. Durante el otoño y principios del invierno engruesa algo y va tomando dulce; poco á poco la hoja se va secando, y conviene no confundir el aspecto con que se principia á señalar este período con la necesidad de riego que los mismos signos indican en otra época.

Arrozales.—El riego de los arrozales constituye un caso particular del método por suersion.

El arroz es una gramínea súmamente rica en variedades, de las cuales sólo se cultivan en España algunas acuáticas. En las riberas del Júcar y de sus afluentes de la region inferior, en las cuales ocupa este cultivo una superficie de 23.384 hectáreas, son muy comunes el arroz



llamado *más frío*, notable por su excelente calidad; el *tranquillon* por lo productivo, y el *moscado* por su vigor en resistir las variaciones atmosféricas en época de la granazón.

En la cuenca del citado río y en las inmediaciones de la Albufera de Valencia, es una rareza que el arroz se siembre de asiento; así es, que primero se siembra en almáciga y luego se trasplanta, obteniéndose por este medio las ventajas siguientes: se anticipa la cosecha poniéndola á cubierto de los fuertes vientos, granizos, inundaciones y otros contratiempos que á menudo ocurren á principios de otoño; se practica mejor la escarda, las espigas son mayores, la fructificación marcha bien y el grano es bueno y abundante.

Hay *acotamientos* ó sitios marcados por la administración para plantel, y los hay para arrozales. Las tierras destinadas á almácigas deben tener riego abundante, ser de mucho fondo, estar libres de filtraciones que perjudiquen á las circunvecinas y hallarse algo distantes de las poblaciones.

Las tierras de huerta que se destinan á almácigas se preparan dándolas un par de rejas después de levantado el trigo, y sucesivamente otras, de modo que en Setiembre se le hayan dado media docena de vueltas. Se abona el



campo y se siembra de habas cuando no haya que temer una humedad excesiva, que es sabido perjudica á este cultivo preparatorio; se riegan dos ó tres veces si no llueve; en Febrero ó Marzo se siegan en verde para abono; se dan en seguida tres rejas en seco y cuatro en agua, y finalmente, se siembra el arroz á voleo.

Para los planteles se elige la semilla de las variedades más estimadas y de las plantas que tuvieron mejores medros, y el plantel se cubre con una ligera capa de agua. A los veinte dias de la siembra, se deja en seco, con el doble objeto de que las plantitas arraiguen bien y con el de matar las tortugas. Conseguido esto, se vuelve á inundar el suelo con la menor cantidad posible de agua, con lo cual las matitas ahijan mejor y parecen reanimarse con la accion que la atmósfera ejerce sobre sus hojas. En los planteles bien abonados hay matas procedentes de un grano que arrojan veinte cañas; pero cuando la planta no amacolla bien, pueden necesitarse hasta seis ú ocho granos para formar una mata.

Generalmente no hace falta escardar las plantitas cuando está muy bien preparada la tierra. En el mes de Mayo ó á principios de Junio se verifica el trasplante, cuidando de no maltratar las raíces en el arranque, y con las matitas se forman hacecillos que se atan con esparto ó juncos.



La plantacion se hace á tresbolillo, y en ella no se invierte más tiempo que en el arranque de las plantitas; se emplean unos 60 haces de plantel por hanegada (720 por hectárea), y cada haz tiene planta para 60 ó 70 golpes. Con una hanegada de plantel se cubren de 12 á 16 hanegadas de arrozal (dozava parte de hectárea).

El arroz, despues de trasplantado, necesita una capa de agua de 20 centímetros de altura durante ocho dias para que no se resequen las matas. Pasados veinte dias de la plantacion se echa cal al campo para matar el *borró ó asprella* y se escarda si hay juncia ú otras malas yerbas.

Para el cultivo del arroz se divide el terreno en tablas sensiblemente horizontales, que se aislan unas de otras por medio de caballetes de recinto de unos 60 centímetros de ancho, ó de mayores dimensiones, si al propio tiempo que sirven de diques de contencion de las aguas han de formar una red de comunicaciones entre las distintas parcelas. Cuando el terreno sea próximamente horizontal podrá darse una gran extension á cada uno de los tablares, que vienen á constituir una especie de bancal, sin perjuicio de que aquellos se dividan en secciones de menor magnitud, con el objeto de facilitar la entrada del agua, su distribucion uniforme y su conveniente salida. Entra el agua en la acequia ó cacera que surte



el bancal superior, se reparte entre las várias eras, que inunda con una capa de agua de 7 á 8 centímetros de espesor por término médio, y se verifica la renovacion por medio de boquetes abiertos en el caballon inferior de recinto, situados á la conveniente altura, para que el nivel del líquido en las eras permanezca constante.

Las aguas procedentes del primer bancal se reunen en una nueva acequia de distribucion, que surte al bancal inmediato en una forma análoga á la indicada para el primero.

Los arrozales solo necesitan el agua durante tres meses del año, desde mediados á últimos de Mayo, en que se hace el trasplante, hasta la mitad ó fines de Agosto, en que se proceda á la siega.

El agua necesaria para el riego de los arrozales es de unos dos litros por segundo y hectárea.

Los terrenos bajos y pantanosos impropios para otro cultivo se prestan perfectamente al del arroz, siempre que, favoreciéndoles el clima, cuenten con el agua de riego y el abono suficientes.

Cuando los arrozales, por efecto de la sequía ó por otra causa cualquiera, sólo pueden disfrutar de un caudal intermitente, el estancamiento de las aguas y la accion de una elevada tempe-



ratura producen fermentaciones pútridas y emanaciones ó miasmas palúdicos, altamente perjudiciales á la salud pública; pero este mal, que en ciertos casos es susceptible de adquirir proporciones espantosas, se aminora en gran parte y puede llegar á hacerse insensible mediante una buena policía en los riegos y adoptando el método de renovacion continua.

Prados.—Bajo esta denominacion se comprende toda porcion de terreno cubierta espontánea ó artificialmente de plantas ánuas, bienales ó vivaces, destinadas á la alimentacion de los ganados. Llámanse *naturales*, cuando en el desarrollo de la vegetacion solo interviene la accion espontánea de la naturaleza, y *artificiales*, cuando á su creacion ó entretenimiento contribuye el trabajo del hombre.

Al producto de los primeros, destinado al consumo en pié ó sobre el mismo terreno, se designa con el nombre de pasto, y con el de *yerba ó heno* la que se consume despues de segada.

A los productos de los segundos se les da el nombre de forrajes, ya sean comidos en verde por el ganado, ya se sequen y conserven para el mismo objeto.

Los prados naturales, lo mismo que los artificiales, pueden ser de secano y regadío.

Los naturales de secano solo subsisten en in-



vierno y primavera en las provincias del centro y en las meridionales de España, y únicamente conservan un carácter de permanencia en todas las estaciones, en algunas montañas de las provincias septentrionales, y especialmente en toda la faja constituida por la zona cantábrica, cuyo clima templado y húmedo mantiene el suelo en un estado casi constante de verdura.

La importancia de los prados se comprende sin más que considerar su influjo en el progresivo desarrollo de la riqueza: destinados á la alimentacion de los ganados que abastecen de carne al consumo público, que suministran primeras materias á variadas é importantísimas industrias, que sirven á la agricultura á la vez que de agente mecánico de potencia regeneratriz de los elementos fertilizantes del suelo, es indispensable mejorar su produccion para que prosperen de consuno nuestra decadente industria pecuaria y su inseparable compañera la industria agrícola propiamente dicha.

No podemos entrar en más detalles sobre esta materia, porque las proporciones de nuestra obra no lo permiten, y aquellos de nuestros lectores que deseen conocerla con extension, pueden ver la obra del Sr. Llauradó, que á más de los distintos procedimientos de riego, trae la lista publicada por D. Mariano Lagasca, con



arreglo á sus observaciones practicadas en la sierra de Leon; y adicionadas, agrupadas por familias, con la lista de otras especies no citadas por aquel insigne botánico, y observadas en las praderas de la zona central de España por el Sr. D. Máximo Laguna.

Consignaremos, como terminacion á este trabajo, que el régimen administrativo de muchos de nuestros riegos procede de las tradiciones árabes, recopiladas y reformadas en épocas posteriores y sucesivas; y que su existencia y manera de ser diversa en cada una de las localidades, reconoce por causa los distintos orígenes y forma de la propiedad de las aguas, pues unas son comunales, otras particulares, ya inherentes á la tierra, ya separadas de ellas; en unos puntos se da el agua por tandeo, en otros por medida y en algunos por subasta.

A esto obedece la existencia de esos tribunales de agua elegidos por sufragio entre los mismos regantes, para dirimir las infinitas cuestiones de detalle que ocurren entre los mismos.

FIN.



ÍNDICE

	<u>Págs.</u>
DEDICATORIA.	
PRÓLOGO.	1
CAPÍTULO I.—Importancia del agua en la vida de los séres.—En los vegetales.—En los minerales.—En la industria.—En la agricultura.—En la más remo- ta antigüedad.—Condiciones especiales de nues- tro suelo.—De qué modo deben aprovecharse las aguas.—Masa de riqueza que se desarrollaría. . .	3
CAP. II.—Distribucion de las aguas en la superficie del globo.—Teoría de la evaporacion y la lluvia.— Formacion de los rios.—Lechos.—Régimen.— Enarenamiento del Nilo, el Pó y el Ganges.—Del movimiento del agua en los rios.—De la velocidad.	14
CAP. III.—Pozos artesianos.—Origen de su nombre. —Antigüedad.—Oásis.—Procedimientos de los árabes.—Los chinos.—Diversas teorías.—Objecio- nes.—Clases de terrenos.—Citas curiosas de Ara- go.—Otras grandes filtraciones.—Capas de agua superpuestas.—Fenómeno de la ascension de las aguas.—Objeciones á la nueva teoría.—Hechos que la justifican.—Importancia moderna de los po- zos artesianos.—Pozo de Saint-Ouen.—De Grene- ble.—De Passi.—Procedimiento de Mr. Kind.— Accidentes ocurridos.—Hechos curiosos.—Princi- ros ensayos en España.—Pozos en Albacete, Car- tagena, Murcia, Orihuela, Valencia, Málaga, Cataluña y Alcalá de Chisbert.—Método chino.— Método ordinario.—De sonda hueca.	33
CAP. IV.—Desecamientos.—Su utilidad.—Principales medios de efectuarlo.—Canal de cintura.—Pozos de sonda.—Entarquinamiento.—Desecamientos en Holanda.—Molinos de viento.—Lago de Har- len.—Proyecto de Leeghwater.—Máquinas de va- por y bombas.—Resultado de estas operaciones.— Desecamientos en Inglaterra.—Lagunas de Fer-	



rara.—Lagunas Pontinas.—Desecamiento del lago Fucino.—Trabajos de los romanos.—Su resultado.—Nuevas empresas.—Saneamiento y desagüe de los terrenos.—Marismas.—Cultivo de los Navazos.	78
CAP. V.—Riegos.—Nociones generales.—Canales de riego.—Depósitos ó embalses.—Presas.—Compuertas.—Canales de desagüe.—Sifones.—Pantanos de Tibi y de Lorca.—Partidores de Elche y de Lorca.—Módulos, Milanés de Ribera y de Higgin.—Cantidad de agua necesaria.—Riegos de Lanjaron, Mecina y Palma del Río.—Azudas.—Norias.—Bombas.—Pozos instantáneos.	108
CAP. VI.—Riegos entre los chinos y los egipcios.—Presa del Cairo.—Riegos entre los griegos, los romanos y los árabes.—Canal de Crapone.—Antiguos procedimientos de riegos en la India.—Construccion del gran canal del Ganges.—Canales de Méjico y el Perú.	137
CAP. VII.—Historia de los canales de riego y navegacion en España, desde los romanos hasta nuestros días.—Período floreciente de la dominacion árabe.—Conquista de Valencia por D. Jáime I de Aragon.—Nuevos canales y proyectos en distintos reinados.—Canales proyectados en Talavera de la Reina y Mérida.	157
CAP. VIII.—Consideraciones sobre la conduccion y distribucion de las aguas para el abastecimiento de las poblaciones.—Cantidad necesaria.—Calidad.—Filtracion.—Ventajas de los procedimientos modernos sobre los antiguos.—Algunas obras hidráulicas de los romanos.—Rueda para elevar el agua.—Termas.—Acueductos.—Neumaquias.—Albuerras.	171
CAP. IX.—Aguas de Madrid.—Su origen é historia.—Fuentes que proveen.—Varios proyectos.—Canal del Lozoya.—Historia.—Construccion.—Descripcion.—Enturbacion de sus aguas.—Medios de clarificarla.—Fuentes que alimenta.—Proyecto de riego de los campos de Madrid con las aguas del rio Lozoya.	183
CAP. X.—Riegos propiamente dichos.—Reglas generales.—Riegos de invierno, primavera, estío y otoño.—Cultivo de las tierras de riego.—Horas de riego.—Procedimientos de riego.—Distribucion de las aguas y disposicion del terreno.—Modo de regar.—Riegos de los cereales.—De las judías.—Del cáñamo.—De la caña dulce.—Arrozales.—Prados.	200



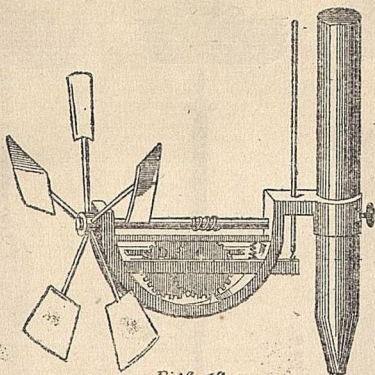


Fig.^a 1.^a



Fig.^a 2.^a



Fig.^a 3.^a



Fig.^a 4.^a



Fig.^a 5.^a



Fig.^a 6.^a

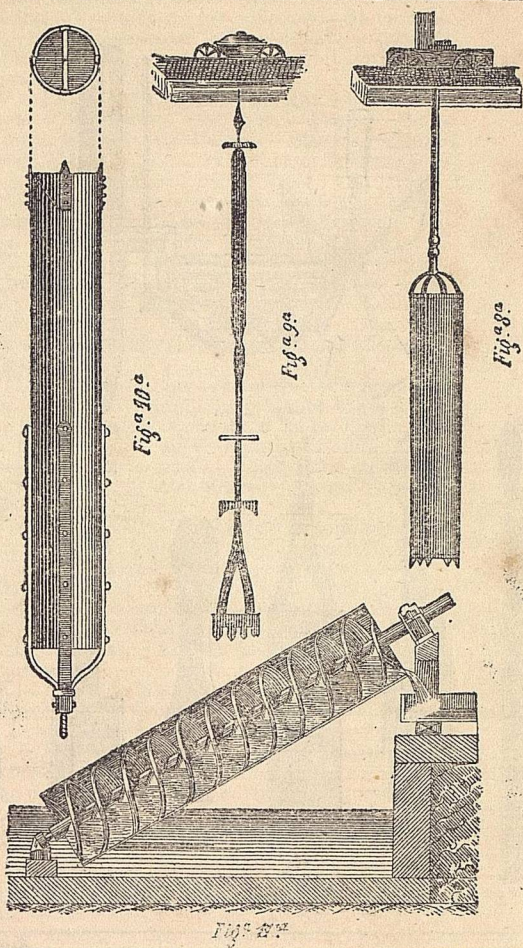


Fig.^a 7.^a

Elas, 8.^o



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO



Belaríos: g'



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

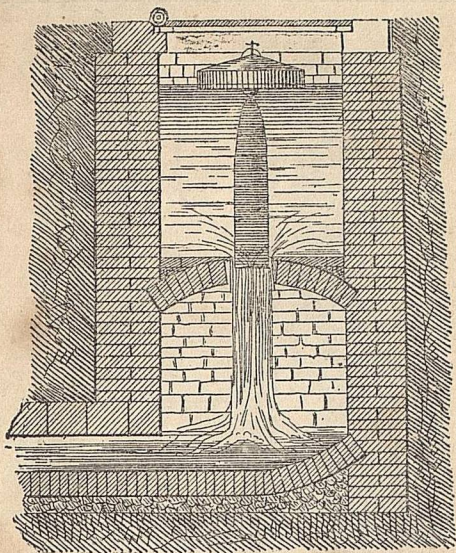


Fig.^a 14.^a

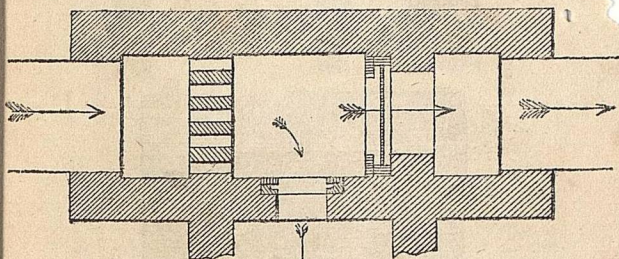


Fig.^a 15.^a

Bolaños, g.^o



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

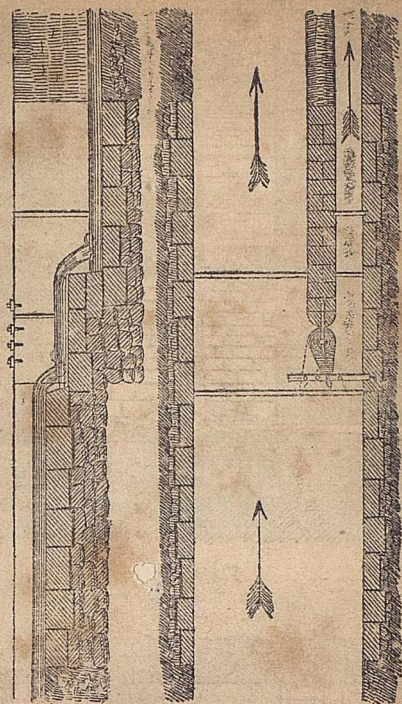


Fig. 12a

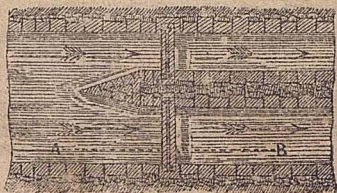


Fig. 13a





FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

